

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## SENZORICKÉ A ANALYTICKÉ HODNOCENÍ CHUTNOSTI SÝROVÝCH ANALOGŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

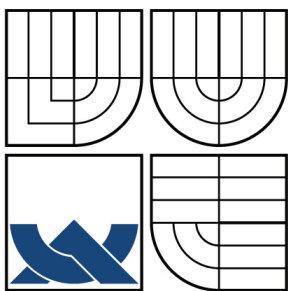
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

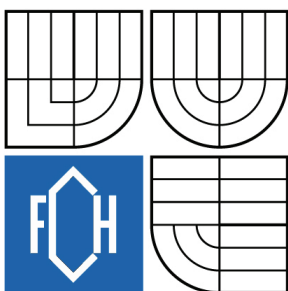
AUTHOR

Bc. LENKA BRABCOVÁ

BRNO 2010



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ  
FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

# SENZORICKÉ A ANALYTICKÉ HODNOCENÍ CHUTNOSTI SÝROVÝCH ANALOGŮ

SENSORIAL AND ANALYTICAL EVALUATION OF CHEESE ANALOGUES FLAVOUR

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

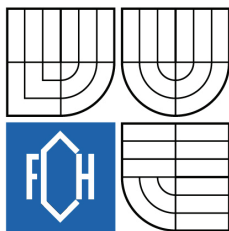
AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LENKA BRABCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání diplomové práce

|                        |  |                                  |
|------------------------|--|----------------------------------|
| Číslo diplomové práce: | <b>FCH-DIP0341/2009</b>                          | Akademický rok: <b>2009/2010</b> |
| Ústav:                 | Ústav chemie potravin a biotechnologií           |                                  |
| Student(ka):           | <b>Bc. Lenka Brabcová</b>                        |                                  |
| Studijní program:      | Chemie a technologie potravin (N2901)            |                                  |
| Studijní obor:         | Potravinářská chemie a biotechnologie (2901T010) |                                  |
| Vedoucí práce          | <b>Ing. Eva Vítová, Ph.D.</b>                    |                                  |
| Konzultanti:           | doc. Ing. František Buňka, Ph.D.                 |                                  |

### Název diplomové práce:

Senzorické a analytické hodnocení chutnosti sýrových analogů

### Zadání diplomové práce:

1. Zpracujte literární přehled dané problematiky:
  - složení a vlastnosti sýrových analogů
  - technologie výroby
  - přehled metod vhodných pro senzorické hodnocení chutnosti sýrů
  - přehled metod vhodných pro analytické hodnocení chutnosti
2. Pomocí metody SPME-GC identifikujte a kvantifikujte aromatické látky ve vzorcích sýrových analogů
3. Pomocí vybraných senzorických metod zhodnoťte chutnost sýrových analogů
4. Získané výsledky srovnajte s chutností odpovídajících klasických sýrů

### Termín odevzdání diplomové práce: 14.5.2010

Diplomová práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu diplomové práce. Toto zadání je přílohou diplomové práce.

-----  
Bc. Lenka Brabcová  
Student(ka)

-----  
Ing. Eva Vítová, Ph.D.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2009

-----  
prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo zjistit vliv různých druhů tuků na obsah aromaticky aktivních látek a na celkovou chutnost analogů tavených sýrů. Vzorky sýrů byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně z koncentrovaného mléčného tuku, másla, palmového tuku, kokosového tuku a slunečnicového oleje.

Aromatické látky byly ze vzorků tuků a tavených sýrových analogů izolovány pomocí metody HS-SPME-GC. K zachycení aromaticky aktivních látek bylo použito vlákno s polární stacionární fází CAR<sub>TM</sub>/PDMS. V rozdílných množstvích se podařilo stanovit celkem 32 aromatických látek. Největší množství obsahovaly sýry z koncentrovaného mléčného tuku a z másla, nejméně sýr ze slunečnicového oleje.

Pro zjištění přijatelnosti a chutnosti byly sýrové analogy současně hodnoceny senzoricky. Byla použita pořadová zkouška, hodnocení pomocí stupnice a profilový test. Nejlépe byly vždy hodnoceny sýry vyrobené z koncentrovaného mléčného tuku a kokosového tuku, nejhůře sýr ze slunečnicového oleje.

Nakonec byly porovnány výsledky SPME-GC a senzorické analýzy. Lze konstatovat, že druh tuku použitý pro výrobu tavených sýrových analogů výrazně ovlivňuje obsah aromatických látek a tím i chutnost těchto sýrových analogů.

## **ABSTRACT**

The aim of the diploma thesis was to determine the influence of different kinds of fats on the content of aromatic active compounds and total flavour of processed cheese analogues. Samples of the cheese were produced by Tomas Bata University in Zlín from concentrated milk fat, butter, palm fat, coconut fat and sunflower oil.

The aromatic compounds were isolated from samples of fats and processed cheese analogues via HS-SPME-GC method. A fibre with polar stationary phase CAR<sub>TM</sub>/PDMS was used for capturing of aromatic active compounds. In different contents, total of 32 aromatic compounds were determined. The cheese from concentrated milk fat and butter had the highest content and cheese from sunflower oil had the lowest.

For determination of acceptability and flavour, the cheese analogues were sensory evaluated at the same time. Ordinal test, evaluation via scale and profile test were used. Cheese made from concentrated milk fat and coconut fat were always evaluated as the best, cheese made from sunflower oil were evaluated as the worst.

Finally results between SPME-GC and sensory analysis were compared. It was stated that the kind of fat used for production of processed cheese analogues significantly influences the content of aromatic compounds and thus influences flavour of the cheese analogues.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

sýrové analogy, SPME, GC, chutnost

## **KEYWORDS**

cheese analogues, SPME, GC, flavour

BRABCOVÁ, L. *Senzorické a analytické hodnocení chutnosti sýrových analogů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2010. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Diplomová práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....  
podpis studenta

### *Poděkování:*

*Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. Evě Vítové, Ph.D za vedení diplomové práce, za cenné rady a připomínky a všem přátelům za podporu během psaní této práce.*

## OBSAH

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | ÚVOD .....                                       | 7  |
| 2       | TEORETICKÁ ČÁST.....                             | 8  |
| 2.1     | Tavené sýry .....                                | 8  |
| 2.1.1   | Význam tavených sýrů ve výživě.....              | 8  |
| 2.1.2   | Klasifikace tavených sýrů .....                  | 8  |
| 2.1.3   | Zavádění tavených sýrů.....                      | 9  |
| 2.2     | Suroviny používané při výrobě tavených sýrů..... | 9  |
| 2.2.1   | Přírodní sýry .....                              | 9  |
| 2.2.2   | Mléčný tuk.....                                  | 11 |
| 2.2.3   | Mléčné proteiny.....                             | 11 |
| 2.2.3.1 | Kasein.....                                      | 12 |
| 2.2.3.2 | Kaseináty .....                                  | 12 |
| 2.2.3.3 | Syrovátkový protein .....                        | 12 |
| 2.2.4   | Laktóza .....                                    | 13 |
| 2.2.5   | Sýrový základ.....                               | 13 |
| 2.2.6   | Emulsifikační soli.....                          | 13 |
| 2.2.7   | Hydrokoloidy .....                               | 14 |
| 2.3     | Technologie výroby tavených sýrů .....           | 14 |
| 2.3.1   | Výběr přírodních sýrů .....                      | 14 |
| 2.3.2   | Čištění a redukce velikosti přírodních sýrů..... | 15 |
| 2.3.3   | Formulace směsi.....                             | 15 |
| 2.3.4   | Předmixování připravené směsi .....              | 15 |
| 2.3.5   | Tavení připravené směsi.....                     | 16 |
| 2.3.6   | Homogenizace .....                               | 16 |
| 2.3.7   | Balení, chlazení a uskladnění .....              | 17 |
| 2.4     | Charakteristika sýrových analogů .....           | 17 |
| 2.4.1   | Klasifikace sýrových analogů .....               | 18 |
| 2.4.2   | Důvody zavádění sýrových analogů .....           | 18 |
| 2.4.3   | Označení sýrových analogů .....                  | 19 |
| 2.4.4   | Aplikace, využití sýrových analogů.....          | 20 |
| 2.5     | Suroviny využívané při výrobě analogů sýrů.....  | 20 |
| 2.5.1   | Tuky .....                                       | 20 |
| 2.5.1.1 | Mléčný tuk.....                                  | 20 |
| 2.5.1.2 | Rostlinné tuky .....                             | 20 |
| 2.5.2   | Mléčné proteiny.....                             | 22 |
| 2.5.2.1 | Kasein.....                                      | 22 |
| 2.5.2.2 | Kaseináty .....                                  | 22 |
| 2.5.2.3 | Syrovátkový protein .....                        | 22 |
| 2.5.3   | Rostlinné proteiny .....                         | 22 |
| 2.5.4   | Škroby .....                                     | 22 |
| 2.5.5   | Tavící soli .....                                | 23 |
| 2.5.6   | Hydrokoloidy .....                               | 23 |
| 2.5.7   | Příchutě a jejich zvýrazňovače .....             | 24 |
| 2.5.8   | Vitamínové a minerální přípravky .....           | 24 |
| 2.6     | Technologie výroby analogů tavených sýrů.....    | 24 |
| 2.6.1   | Formulace směsi.....                             | 25 |
| 2.6.2   | Předmixování .....                               | 26 |
| 2.6.3   | Tavení.....                                      | 26 |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.6.4 | Přídavek regulátorů kyselosti a příchutí.....                  | 27 |
| 2.6.5 | Homogenizace .....   | 28 |
| 2.6.6 | Balení, chlazení a uskladnění .....                            | 28 |
| 2.7   | Aromatické látky v sýrech.....                                 | 28 |
| 2.7.1 | Vznik aromatických látek v tavených sýrech.....                | 28 |
| 2.8   | Senzorická analýza .....                                       | 30 |
| 2.8.1 | Použité metody senzorické analýzy .....                        | 30 |
| 2.9   | Analytické metody stanovení aromatických látek .....           | 31 |
| 2.9.1 | Metody používané pro izolaci aromatických látek .....          | 31 |
| 3     | EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....                                      | 33 |
| 3.1   | Laboratorní vybavení .....                                     | 33 |
| 3.1.1 | Přístroje .....  | 33 |
| 3.1.2 | Plyny.....   | 33 |
| 3.1.3 | Chemikálie .....   | 33 |
| 3.1.4 | Pracovní pomůcky.....  | 34 |
| 3.2   | Instrumentální analýza .....                                   | 34 |
| 3.2.1 | Analyzované vzorky.....  | 35 |
| 3.2.2 | Analýza aromatických látek .....                               | 35 |
| 3.2.3 | Podmínky SPME.....   | 36 |
| 3.2.4 | Podmínky GC analýzy .....                                      | 36 |
| 3.2.5 | Identifikace aromatických sloučenin.....                       | 36 |
| 3.2.6 | Statistické zpracování výsledků .....                          | 36 |
| 3.3   | Senzorická analýza.....  | 37 |
| 3.3.1 | Vzorky .....   | 37 |
| 3.3.2 | Hodnocení organoleptických vlastností sýrů .....               | 37 |
| 3.3.3 | Statistické zpracování výsledků .....                          | 38 |
| 4     | VÝSLEDKY A DISKUZE .....                                       | 39 |
| 4.1   | Stanovení aromatických látek pomocí SPME-GC .....              | 39 |
| 4.1.1 | Identifikace a kvantifikace aromatických látek.....            | 39 |
| 4.1.2 | Porovnání množství aromaticky aktivních látek .....            | 43 |
| 4.1.3 | Porovnání množství jednotlivých skupin aromatických látek..... | 49 |
| 4.2   | Senzorická analýza .....                                       | 53 |
| 4.2.1 | Hodnocení pomocí stupnice .....                                | 54 |
| 4.2.2 | Pořadový test .....  | 55 |
| 4.2.3 | Profilový test .....   | 56 |
| 4.2.4 | Zhodnocení výsledků senzorické analýzy .....                   | 58 |
| 4.3   | Porovnání výsledků SPME-GC a senzorické analýzy .....          | 58 |
| 5     | ZÁVĚR.....   | 60 |
| 6     | SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....                                  | 61 |
| 7     | SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....                                 | 66 |
| 8     | SEZNAM PŘÍLOH .....  | 67 |

## 1 ÚVOD

Sýry patří do našeho jídelníčku už od dávných dob. Zatímco přírodní sýry byly známy už od starověku, výroba tavených sýrů začala až začátkem 20. století.

Tavené sýry patří mezi jedny z nejoblíbenějších. Svou oblíbenost si získaly zejména díky snadné roztíratelnosti, dlouhé trvanlivosti a nabídce v nejrozličnějších příchutích. V dnešní době se na tavené sýry zpracovává přibližně 12 % přírodních sýrů.

Sýry jsou spojovány se zdravou výživou, neboť obsahují plnohodnotné bílkoviny, jsou důležitým zdrojem vápníku a vitaminů, především vitaminu B. U tavených sýrů je výživová hodnota nižší, což je způsobeno použitím vysoké teploty během tavení a použitím tavicích solí.

Počátkem roku 1970 se na trhu objevuje nová skupina sýrů, tzv. sýrové analogy. Jedná se o imitace sýrů, kde jsou mléčný tuk, mléčná bílkovina nebo obojí částečně nebo zcela nahrazeny nemléčnou komponentou, zejména z rostlinného zdroje. Tyto „sýry“ se objevují jako odpověď na požadavek nižší ceny, zvýšené výživové hodnoty, nižšího obsahu tuku a cholesterolu.

Největším problémem sýrových analogů je jejich chuť. Jsou známy svou slabou a nedostatečnou chutí, která většinou nedosáhne chutě klasického sýra. Chutnost je dána obsahem aromaticky aktivních látek, a to nejen kvantitativním zastoupením, ale i kvalitativním. Aromatickými látkami rozumíme veškeré vonné a chuťové látky, které jsou buď přirozenou složkou potravin, nebo vznikají během zpracování enzymovými a chemickými reakcemi.

Cílem této diplomové práce je zjistit vliv různých druhů tuků na obsah aromatických látek v sýrových analogích a na jejich celkovou chutnost. Teoretická část je zaměřena na popis postupu výroby klasických tavených sýrů a sýrových analogů a na suroviny vhodné pro jejich výrobu. Dále je popsán vznik a výskyt aromaticky významných látek v tavených sýrech. Experimentální část je věnována identifikaci a kvantifikaci aromatických látek pomocí SPME-GC a senzorickému zhodnocení organoleptických vlastností.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Tavené sýry

Tavené sýry tvoří nejmladší skupinu sýrů, začaly se vyrábět až na začátku minulého století, zatímco o konzumaci přírodních sýrů nacházíme zmínky už u starověkých národů [1].

Vyhláška ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. podle zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí [2].

Tavené sýry se vyrábějí mícháním rozřezaných přírodních sýrů různých druhů a stupňů zralosti s emulsifikačními solemi (ES) a vodou, zahříváním směsi pod částečným vakuem za konstantního míchání až do získání homogenní hmoty. Kromě přírodních sýrů mohou být přidány různé další mléčné a nemléčné ingredience [3].

Dnes patří mezi oblíbené potraviny, zpracovává se na ně 10 až 12 % přírodních sýrů [1].

#### 2.1.1 Význam tavených sýrů ve výživě

Sýry jsou velmi cenné, neboť obsahují značné množství bílkovin, vápníku, fosforečných sloučenin a některých vitamínů. Vlivem různých příjemných příchutí získaných během zrání, které dráždí slinné žlázy k větší činnosti, a vlivem jemně rozptýlených bílkovin a volných aminokyselin (AK) jsou snadno stravitelné a tělo je dovede dobře využít. Obsahují také řadu esenciálních aminokyselin jako je lysin, threonin nebo tryptofan [4].

Sýry jsou důležitým zdrojem vápníku, fosforu, železa, hořčíku a některých stopových prvků. Vápník z mléka a ze sýrů dovede organismus nejlépe využít, jeho resorpci podporují AK, kys. mléčná a vitamin D, jež jsou v sýrech obsaženy. Také vitamíny obsažené v sýru se resorbují v optimálním množství, sýry obsahují ve větších množstvích vit. A, riboflavin, thiamin a B-komplex [4].

Ve srovnání s přírodními sýry mají tavené sýry poněkud nižší výživovou hodnotu. Je to způsobeno použitím zvýšené teploty při tavení a přídavkem tavicích solí, což má za následek snížení obsahu vitamínů a biologické hodnoty bílkovin, která kolísá v závislosti na výši použité teploty a době jejího působení. S přídavkem tavicích solí se zvyšuje obsah fosforu, čímž se posunuje poměr přijatého vápníku a fosforu do méně příznivé oblasti než je u tvrdých sýrů [1].

Tavené sýry jsou také významným zdrojem sodíku, jehož příjem je u nás zhruba dvojnásobný než příjem doporučený. Také řada tavených sýrů, zejména těch oblíbených, má poměrně vysoký obsah tuku a tím i cholesterolu, jejichž nadměrné množství je rizikovým faktorem při vzniku kardiovaskulárních onemocnění [1].

#### 2.1.2 Klasifikace tavených sýrů

V současné době se na trhu vyskytuje velké množství nejrozličnějších tavených sýrů, které jsou nejčastěji děleny podle obsahu tuku v sušině: [2]

- vysokotučný (více než 60 % hmot.)
- tavený sýr s obsahem 30 až 60 % hmot.
- nízkotučný (nejvýše 30 % hmot.)

Podle složení, obsahu vody a konzistence lze tavené sýry rozdělit do čtyř hlavních skupin: [3]

- blokové tavené sýry – vyrábí se z přírodních sýrů, ES, NaCl a barviv, vlhkost a obsah tuku musí odpovídat legálním limitům pro přírodní sýry.
- tavené sýrové potraviny – kromě přírodních sýrů, ES, NaCl a barviv se mohou přidávat volitelné ingredience jako mléko, sušené mléko, syrovátka, smetana, bílkoviny, sýr z odstředěného mléka a organické kyseliny. Obsah sušiny mají < 44 % a obsah tuku < 23 %.
- roztíratelné tavené sýry – obsahují navíc gumy pro vazbu vody, obsah sušiny mají > 44 % a < 60 %.
- analogy tavených sýrů – vyrábějí se z kaseinátů (sodné, vápenaté), rostlinných proteinů a tuků, ES, NaCl a umělých příchutí.

### 2.1.3 Zavádění tavených sýrů

Hlavním důvodem pro jejich vývoj byla snaha o prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů [1, 3, 5]. Postupem doby se přidaly i další důvody jako jsou možnost použití tavených sýrů jako pomazánky na pečivo a možnost vyrobit obrovský počet různých variant chutí, tvarů a fyzikálních vlastností (měkké, tuhé, dobře roztíratelné) [1].

Kromě toho, výroba tavených sýrů umožnila využití přírodních sýrů, které bylo těžké nebo nemožné prodat (např. sýrů s mechanickou deformací), stejně jako sýrových odpadků [3].

Hlavní výhody tavených sýrů, ve srovnání s přírodními sýry jsou:

- Ekonomické výhody: použití sýrů s mechanickou deformací (mikrobiálně adekvátní), snížení nákladů na chlazení během skladování a transportu, větší trvanlivost a nápaditý obal.
- Velká všestrannost typu a intenzity příchuti (od mírné až po ostrou nativní (přírodní) sýrovou příchut', specifickou příchut' koření mléčného nebo nemléčného původu), textury (elasticity, tvrdosti, roztíratelnosti, plátkovatelnosti), velikosti a tvaru finálního produktu.
- Nahrazení mléka: výborný zdroj nutričně vysoce-ceněných složek mléka (vápníku, bílkovin) pro děti nebo konkrétní konzumentské skupiny.
- Vhodnost pro domácí použití, stejně jako pro fastfoody a restaurace díky jejich výborné trvanlivosti, vhodné velikosti porcí a balení [3, 6].

## 2.2 Suroviny používané při výrobě tavených sýrů

Všechny použité suroviny musí být zdravotně nezávadné a musí odpovídat příslušným jakostním normám [7]. Ingredience, které mohou být použity při výrobě tavených sýrů, jsou uvedeny v tab. 2.1.

### 2.2.1 Přírodní sýry

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou všechny druhy přírodních sýrů, především tvrdých, ale i měkkých, bílých a plísňových [7]. Jejich obsah v tavených sýrech musí být minimálně 50 % w/w [8].

Mezi populární druhy přírodních sýrů patří nezrající (např. cottage), měkké (Brie, camembert), polotvrdé (Muenster, Roquefort, Stilton), tvrdé (Colby, čedar), s modrou plísní (Blue, gorgonzola) a vařené tvrdé sýry (Swiss, parmezán) [9].

Stupeň prozrání sýra a jeho pH je důležitým ukazatelem pro požadovanou jakost finálního výrobku [7].

Tab. 2.1 Volitelné ingredience přípustné v tavených sýrech [6, 8]

| Typ ingredience     | Hlavní funkce/efekt   | Příklady  |
|---------------------|---|---|
| Mléčný tuk          | standardizuje složení, přispívá k flavouru, textuře a charakteristikám vaření   | smetana, bezvodý mléčný tuk, dehydrovaná smetana, máslo   |
| mléčné proteiny     | standardizují složení, asistují v „krémovatění“ (zahušťují směs během výroby) a utváření produktu, přispívají k textuře a rheologickým vlastnostem (např. tvrdosti, lomivosti) a vlastnostem vaření | kasein, kaseináty, syrovátkové proteiny, mléčné proteinové koncentráty, co-precipitáty, sušené odstředěné mléko |
| laktóza             | nízko nákladová náplň, může ovlivnit texturu  | sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko   |
| sýrový základ       | náhražka mladého sýra, podobné chování jako mléčné proteiny, přispívá k zahuštění během výroby, textuře a vlastnostem vaření  | mléčný prášek s vysokou sušinou (60 %, w/w)   |
| stabilizátory       |   |   |
| emulsifikační soli  | asistují při vytváření fyzikálně-chemické stability, působí na strukturní a funkční vlastnosti  | sodné citráty a fosfáty   |
| hydrokoloidy        | zvyšují stabilitu produktu, ovlivňují strukturní a funkční vlastnosti   | karagenany, jedlé gumy, např. xanthanová, arabská karboxymethylcelulosa   |
| kyseliny            | pomáhají kontrolovat pH finálního produktu  | organické kyseliny např. mléčná, octová, citrónová, fosforečná  |
| příchuť             | propůjčují flavour taveným sýrovým potravinám a roztíratelným sýrům zejména když je použito hodně mladých sýrů, sýrový základ nebo mléčné proteiny  | enzymově modifikované sýry, koření, extrakty z kůže   |
| zvýrazňovače chuti  | zdůrazňují flavour  | NaCl, kvasnicové extrakty   |
| chuťové přísady     | ovlivňují vzhled, flavour a texturu a odlišení produktu   | sterilované přípravky z masa, ryby, zelenina, oříšky a/nebo ovoce   |
| sladící činidla     | přidávají sladkost, zvláště v produktech určených pro děti  | dextrosa, kukuřičný sirup, hydrolyzovaná laktosa,   |
| barviva             | propůjčují žádoucí barvu  | annatto, syntetická barviva   |
| konzervační činidla | prodlužují trvanlivost, omezují růst plísní   | nisin, propionát vápenatý, sodný, sorbát draselný   |

U zrajících sýrů dochází během zrání k získání jedinečné textury, aroma, vzhledu a chuti přes složité fyzikální a chemické změny, které jsou kontrolovány nastavením teploty, vlhkosti a doby zrání [9]. Během zrání dochází také k hydrolýze kaseinu a ke ztrátě emulgačních vlastností [10]. Velmi zralé sýry přispívají k rozvinutí plné chuti a vůně a dobrému toku. Nicméně také k ostrému flavouru, nízké emulzní stabilitě a měkké konzistenci [3].

Mladé nezralé sýry mají molekuly kaseinu v původním, neporušeném stavu se zachovanými emulgačními vlastnostmi [10]. Obsahují 70 až 90 % intaktního kaseinu [8]. Při použití při výrobě tavených sýrů snižují náklady surového materiálu, přispívají k formování stabilní emulze s vysokou vodní vazací kapacitou a k produkci pevného těla s dobrými plátkovacími vlastnostmi. Ale také vedou k produkci sýrů bez chuti, emulzifikačnímu off-flavouru, nadměrnému bobtnání, tendenci k ztvrdnutí během uskladnění a k přítomnosti malých vzduchových bublinek objevujících se kvůli vysoké viskozitě směsi [3].

Tvrdé a polotvrdé sýry dávají taveným sýrům pevnější strukturu než plísňové zrající sýry [8].

### 2.2.2 Mléčný tuk

Přídavek mléčného tuku pomáhá standardizovat složení, přispívá k žádoucí struktuře a tavicím vlastnostem [8].

Základní složku mléčného tuku tvoří triacylglyceroly (98 % z celkových lipidů), diacylglyceroly, monoacylglyceroly, volné mastné kyseliny, fosfolipidy, steroly a jejich estery a v tucích rozpustné vitamíny. Největší podíl z nasycených mastných kyselin tvoří kyseliny myristová, palmitová a stearová a z nenasycených mastných kyselin kyselina olejová. Typický je i vysoký podíl nízkomolekulárních mastných kyselin (máselná, kapronová, kaprylová), těkajících s vodní parou, které dodávají mléčnému tuku charakteristickou chuť a vůni [11, 12].

Významný je obsah fosfolipidů, které mají ve své molekule místo mastné kyseliny estericky vázanou kyselinu fosforečnou. Tyto látky mají velký nutriční a fyziologický význam, neboť jsou součástí všech buněk a neobejdou se bez nich nervové tkáně [13]. Mléčné fosfolipidy obsahují hlavně lecitin (33 %), kefalin (38 %) a sfingomyelin (23 %). Fosfolipidy jsou vysoce polární a povrchově aktivní, jsou vázány v povrchových membránách tukových kuliček a přispívají ke stabilitě tukové emulze [11].

Další součástí mléčných lipidů jsou steroly, z nichž nejrozšířenější je cholesterol, v menší míře ergosterol (prekurzor vitamínu D<sub>2</sub>) a v malé míře fyziologicky účinné tokoferoly (vit. E) [11].

Sušený mléčný tuk je velmi čistý mléčný prášek obsahující méně než 1 % vlhkosti a minimálně 99,9 % mléčného tuku. Nízký obsah vlhkosti umožňuje dlouhou trvanlivost, při vhodném zabalení může být uskladněn i po několik měsíců při pokojové teplotě [14].

### 2.2.3 Mléčné proteiny

Mléčné proteiny pomáhají standardizovat složení, asistují při krémovatění a přispívají k tvrdosti a lomivosti [6].

Přidání odstředěného mléčného prášku zlepšuje roztíratelnost a stabilitu taveného sýru a podporuje krémové vlastnosti. Jestliže je užit v množství překračujícím 12 % celkové hmoty, nepříznivě působí na konzistenci nebo může zůstat nerozpuštěný [3].

### **2.2.3.1 Kasein**

Je ve vodě nerozpustná základní bílkovinná složka mléka. Získává se z odtučněného mléka srážením za použití technologických pomocných látek, promýváním a sušením [2]. Z celkového obsahu 3,5 % mléčných bílkovin tvoří podíl kaseinu 2,8 % [15]. Zahrnuje 30 různých frakcí fosfoproteinů, které tvoří hlavní složku disperzní fáze mléka. Jednotlivé frakce tvořené  $\alpha_s$ -kaseinem,  $\beta$ -kaseinem,  $\chi$ -kaseinem a malým množstvím  $\gamma$ -kaseinu spolu tvoří komplexy, které jsou uspořádány do větších částic-micel. Kaseinové micely obsahují kromě kaseinových frakcí i vápník, hořčík, fosfáty a citráty [11, 13].

Podle použitého způsobu srážení se rozlišuje sladký a kyselý kasein. Kyselý kasein je srážen z odstředěného pasterovaného mléka zvýšením jeho kyselosti přidávkem kyselin (kyselinou sírovou, solnou, mléčnou) [12, 15, 16]. Získaný koncentrát obsahuje prakticky pouze kaseinovou frakci mléčné bílkoviny. Mléčný tuk, cukr, popeloviny a voda jsou obsaženy jen ve stopovém množství [12, 17]. Při použití se využívá jeho nutriční hodnoty a bobtnavé vlastnosti. Sladký kasein je srážen z odstředěného mléka působením syřidel, především na bázi enzymů chymozinu a pepsinu. Obsahuje pouze kaseinovou bílkovinnou frakci [17].

Často používaný rennet kasein se získává rennet koagulací odstředěného mléka při normálním pH. Vzniklá sraženina je rozbita mícháním a zahřátím na 55 až 65°C přímou párovou injekcí po dobu 1 až 2 min. Dále se sraženina odděluje od syrovátky [14], promýváním se odstraňuje laktosa, koncentrovaná sraženina se centrifuguje a suší [18]. Získaný rennet kasein je nerozpustný ve vodě, na rozpustný se může převést použitím polyfosfátů [14].

### **2.2.3.2 Kaseináty**

Jsou rozpustné formy kaseinu s vlhkostí ~5 % [14].

Vznikají rozpuštěním kaseinu podle druhu v různých zásadách, solích nebo kyselinách, poté jsou tyto roztoky většinou sušeny. Využívají se především pro své schopnosti vázat vodu, emulgovat tuk a také pro svou nutriční hodnotu [17].

Nejčastěji se vyrábí kaseinát sodný, který má vynikající emulgační schopnosti, výbornou pěnivost, vysokou vaznost vody a vysokou nutriční hodnotu. Výroba je založena na tom, že vysrážený a vypraný kyselý kasein je rozpouštěn v roztoku hydroxidu sodného na kaseinát sodný, který se suší [11, 16].

Při použití kaseinátu sodného namísto kaseinátu vápenatého dochází k zvýšení pH, snížení pevnosti, zvýšení stupně emulsifikace a kaseinové disociace [19].

### **2.2.3.3 Syrovátkový protein**

Získává se srážením syrovátky (vedlejší produkt při výrobě sýrů, tvarohů a kaseinů) teplem, obvykle při 90°C [12]. Dále ultrafiltrací, při které se bílkoviny získávají ve formě koncentráту, obsahujícího bílkoviny v nedenaturovaném stavu [17] nebo gelovou chromatografií, kdy získané bílkovinné koncentráty jsou velmi čisté a zachovávají si všechny biologické a nutriční vlastnosti [16].

Syrovátková bílkovina je tvořena především  $\beta$ -laktoglobulinem a albuminy ( $\alpha$ -laktoalbumin, sérový albumin), což jsou nejhodnotnější živočišné bílkoviny, neboť jsou stoprocentně stravitelné. Jsou zdrojem tělesné bílkoviny, a proto pro výživu a růst nepostradatelné [12, 13]. Syrovátkové bílkoviny jsou fyziologicky cennější než kasein pro vysoký obsah aminokyselin, z nich zejména cystin a cystein, které obsahují síru [17].

Nejčastěji užívaný syrovátkový produkt v tavených sýrech je syrovátkový prášek (v koncentraci do 7 %), preferovány jsou syrovátkové proteinové produkty s nízkým minerálním a laktosovým obsahem, které dávají tavené sýry s lepšími flavourovými charakteristikami. Nicméně některé další syrovátkové produkty mohou být úspěšně užity v tavené sýrové směsi stejně dobře, tak jako syrovátkový koncentrát (2-4 %) nebo sražený syrovátkový protein (do 25 %). [3].

Využívá se zejména pro své emulgační vlastnosti a schopnost želatinizace [16].

#### **2.2.4 Laktóza**

Laktóza je disacharid složený z glukózy a galaktózy, který se vyskytuje pouze v mléce a vyznačuje se nízkou sladivostí. Při průchodu gastrointestinálním traktem se prakticky neresorbuje. Laktóza je využívána střevní mikroflórou a jejím rozkladem vzniká kyselina mléčná, která vytváří žádoucí kyselé prostředí ve střevech a brání růstu nežádoucí mikroflóry. Vzniklá kys. mléčná také zvyšuje resorpci vápníku a vitamínů [4].

Přidání laktózy v rozsahu 0-5 % w/w má za následek nižší roztíratelnost, nižší vodní aktivitu a vzrůstající sklon k neenzymatickému hnědnutí během zpracování (zejména při vysoké teplotě) a uskladnění. Přidání laktózy v úrovni 5-20 % w/w redukuje tuhost sýra. Přebytek laktózy může také zvýšit sklon ke krystalizaci během uskladnění [8].

Obarvení tavených sýrů způsobené Maillardovými reakcemi je vyloučeno, jestliže celkový laktózový obsah není přes 6 % ve finálním produktu [3].

#### **2.2.5 Sýrový základ**

Sýrový základ se používá jako náhražka mladého sýra. Hlavní rozdíl mezi sýrem a sýrovým základem je, že sýrový základ obsahuje kromě kaseinu a para-kaseinu syrovátkové proteiny [8].

Produkce sýrového základu zahrnuje ultrafiltraci a diafiltraci odstředěného mléka, inokulaci retentátů mléčnou kulturou a inkubaci k nastavení pH 5,2 – 5,8, pasterizaci a odpařování (typicky na 60 % sušiny). Retentát může být také upraven lipázou k zvýšení flavouru finálního sýra. Také je popsána příprava sýrového základu acidifikací a zchlazením směsi zahrnující jednu nebo více sušených mléčných proteinových ingrediencí, mléčného tuku, NaCl, kyselin a konzervantů [8].

Zvyšující se úroveň nahrazení přírodního sýru sýrovým základem má za následek pevnější sýr, který je méně tekutý při zahřátí. Nižší tekutost může být připisována vyššímu stupni intaktního kaseinu v sýrovém základu a přítomnosti syrovátkových proteinů (~8,7 %), které jsou denaturované a v komplexu s para- $\chi$ -kaseinem vytvářejí při vysoké teplotě zpracování pseudogel (85 – 90°C po 3 min) [8].

#### **2.2.6 Emulsifikační soli**

Jsou zdravotně nezávadné kyselé nebo slabě zásadité alkalické soli organických a anorganických kyselin [12]. Slouží jako pufry, emulgátory, neutralizátory a stabilizátory.

Běžně není možné zahřívát sýry za účelem tepelného ošetření na 85°C, protože by došlo k rozdělení směsi na tři fáze, a to na vysráženou bílkovinu na dně, vodní fázi uprostřed a volný tuk na povrchu. Tomuto rozdělení zabráňují tavící soli, které rychle rozpouštějí bílkoviny a zamezují tak jejich srážení a také současně zajišťují výměnu  $\text{Ca}^{2+}$  iontů za  $\text{Na}^{+}$  popř.  $\text{K}^{+}$  ionty [17].

Tavící, neboli emulsifikační soli mají vliv na chemickou, fyzikální a mikrobiologickou kvalitu produktu. Jejich nejdůležitější funkcí je rozpustit Ca-parakaseinát, oddělit vápník a dispergovat proteiny. Oddělení vápníku z Ca-parakaseinátu probíhá iontovou výměnou obvykle za vzniku Na-kaseinátu. Dále se podílejí na hydrataci proteinů, emulsifikaci tuků, čímž přispívají ke stabilitě emulze. Kontrolují a stabilizují pH a významně ovlivňují tvorbu struktury po zchlazení [3].

Nejčastěji se používají sodné popř. draselné soli fosforečných kyselin nebo kyseliny citrónové, které musí mít dobré pufrací schopnosti a upravit konečné pH taveného sýra na požadovanou hodnotu [16].

Fosforečné soli váží větší podíl vápníku, čímž zajišťují dobrou roztíratelnost, optimální pH je 6 až 6,3. Citrátové soli jsou spíše kyselé, mají menší schopnost vázat vápník z bílkovin a používají se k získání lomivé konzistence. Nejlepší výsledek se získá při pH 5 až 5,7 [16, 17].

Polyfosfáty, které vznikají kondenzací orthofosforečnanů, mají velkou rozpouštěcí schopnost a zušlechťují strukturu tavených sýrů. Jejich charakteristickým znakem je, že vytváří řídké těsto, které se zpevňuje až po několika hodinách [17].

Nejčastěji se používají různé směsi citrátů a fosfátů, dávka tavících solí ve finálním výrobku nesmí přesáhnout 3 %. Výběr směsi tavících solí závisí na požadovaných vlastnostech tavených sýrů, na podmínkách a způsobu tavení, chlazení a také na typu balícího zařízení a druhu obalu. Pro provedení optimálního výběru pro daný výrobek je třeba znát vlastnosti jednotlivých tavících solí a jejich účinky [16].

### **2.2.7 Hydrokoloidy**

Hydrokoloidy, např. jedlé gumy (arabská, xantanová, guarová), karagenany, pektiny a karboxymethylcelulosa stabilizují produkty svojí schopností vázat vodu a tvořit gely [8].

Mohou být přidávány v maximálním množství 0,8 % (w/w). Při výrobě sýru jsou obvykle přidávány v množství 0,1 až 0,3 % (w/w) ke zpevnění struktury v případě vysokého obsahu vody nebo při nízké konzistenci. Používají se i v aplikacích redukcí pevnosti a k zlepšení roztíratelnosti a vařících vlastností (tavitelnost a tekutost) [8].

## **2.3 Technologie výroby tavených sýrů**

Hlavní technologický proces výroby tavených sýrů se skládá z následujících operací: [6]

- Výběr přírodních sýrů
- Čištění a rozmělnování sýrů
- Formulace směsi
- Míchání s ES, vodou a volitelnými ingrediencemi
- Tavení (zahřívání a stříhání) směsi
- Homogenizace roztavené směsi
- Balení, chlazení a uskladnění

### **2.3.1 Výběr přírodních sýrů**

Na správném výběru přírodních sýrů závisí kvalita taveného sýra, zejména chuť a aroma [3].

Nejdůležitější kritéria pro výběr jsou typ sýru, zralost, aroma, konzistence a struktura, pH, povaha a charakter přísad a potenciální trh [3].

V některých zemích jsou velmi populární tavené sýry vyrobené pouze z jednoho druhu sýra s odlišným stupněm zralosti. Např. tavený čedar nebo mozzarella v USA a Kanadě. Častěji jsou tavené sýry vyrobené ze směsi různých druhů přírodních sýr [8]. Výsledkem je jednodušší zpracování a lepší vyvážení chuti a vůně [10].

Zvláště důležitá je kombinace přírodních sýrů se správnou zralostí [3]. Zrající sýr má ostrou chuť, dobré tokové a tavící vlastnosti, zatímco mladé sýry jsou spojeny s nevýraznou chutí a pevnější strukturou [20].

K získání taveného sýru s požadovanými fyzikálně chemickými a organoleptickými vlastnostmi se k zralým sýrům přidávají sýry mladé nebo tvaroh respektive sýry čerstvé nebo bílé [7].

Přírodní sýry s mikrobiálním defektem (obsahující spory, patogenní bakterie, tvořící plyn) nesmí být pro zpracování vybrány [3].

### **2.3.2 Čištění a redukce velikosti přírodních sýrů**

Čištění zahrnuje odstranění povrchové kontaminace (např. náhodný růst plísní) nebo kůry [6, 8].

Tvrdé sýry se očistí na povrchu mytím, případně oškrábáním [7] pomocí škrabky poháněné motorem [8]. Silně poškozená místa se vykrojí. Měkké sýry se podle potřeby omyjí a nechají oschnout [7].

Dále je sýr krájen na menší kousky, které jsou nakonec drceny a mlety [7] průchodem skrz vysokorychlostní drtiče a mlecí přístroje tak, aby byly částice dostatečně malé (menší než 1 mm) [6]. Tímto dochází k zvýšení homogenity formulované směsi, maximalizaci povrchové oblasti sýra, která usnadní přenos tepla do směsi během pozdějšího zpracování a [8] k podpoření kontaktu s dalšími ingrediencemi [20].

### **2.3.3 Formulace směsi**

Formulace zahrnuje výběr správného typu a množství přírodních sýrů, ES, vody a volitelných ingrediencí tak, aby se získal sýr s požadovaným složením, texturou a funkčními charakteristikami [8]. Formulace je řízena na základě obsahu tuku a sušiny přírodního sýra [3].

Blokové tavené sýry s dobrou krájitelností a elasticitou vyžadují převážně mladý sýr. [8] Doporučená formulace je 70-75 % měkkého sýra a 25-30 % polozralého nebo zralého sýra. U tavených roztíratelných sýrů se doporučuje asi 50 % polozralého sýra, 20 % zralého sýra a 30 % mladého sýra. Směs pro tavené sýrové plátky musí obsahovat 30-40 % mladého sýra, 50-60 % měkkého sýra a pouze 10 % zralého sýra [3].

### **2.3.4 Předmixování připravené směsi**

Při diskontinuální výrobě je namletý sýr dopraven přímo do vařiče, kde je mísen s ES, vodou a volitelnými ingrediencemi. Alternativně mohou být sýry předmixovány při pokojové teplotě s ES (vodou nebo volitelnými ingrediencemi) použitím různých typů zařízení [6, 8].

Některé sýrové vařiče se zaměnitelnými miskami umožňují, aby se jedna dávka plnila a předmíchávala, zatímco se další taví [8].

Předmixování má dva hlavní efekty: umožňuje fyzikálně chemické změny, které se objevují během zpracování (např. absorbování vody proteinem) při nižší teplotě a napomáhá k více uniformní kvalitě u konečného produktu. Stupeň fyzikálně chemické změny závisí na stupni stříhu, stupni míchání a interakci mezi odlišnými ingrediencemi [6].



Předmixováním dochází k vyrovnání odlišností ve složení, proteolýze, zpracovatelnosti surového materiálu (např. sýra) a konzistenci finálního produktu. Účinnost závisí na typu a kapacitě použitého zařízení [6, 8].

### 2.3.5 Tavení připravené směsi

Tavení je nejdůležitější fází výroby tavených sýrů, kdy důležitou roli hraje výška teploty, doba působení, rychlost míchání a přítomnost tavících solí [17].

Předmixovaná směs [8], nebo pokud předmixování není aplikováno připravená směs přírodních sýrů, je dopravena k tavícímu kotli, kde jsou přidány ostatní suroviny (např. máslo, tvaroh, tavící soli), poté se tavící kotel uzavře a začne vlastní proces tavení, kdy za sníženého tlaku se v relativně krátkém čase zvýší teplota až na požadovanou hodnotu [21].

Pořadí přidání ingrediencí se odlišuje praktikami podniku, typem tavícího kotle, celkovým designem podniku a dobou tavení. Typické přidání ingrediencí je: sýrový základ, suchá směs ES a volitelné mléčné ingredience (např. sušené odstředěné mléko), voda a flavour. Když je doba vaření relativně krátká, ES mohou být dopředu dispergovány v části vody, čímž se minimalizuje čas potřebný k rozpuštění ES během tavení, zvýší se koncentrace ES na začátku tavení a efektivita ES [6].

Ohřev může probíhat přímým vstřikem páry do tavené směsi [21] nebo nepřímým ohřevem párou [8]. Dále probíhá za stálého míchání, které umožňuje lepší kontakt mezi emulsifikačními činidly a směsí ingrediencí [3].

Tavení může probíhat diskontinuálně nebo kontinuálně [21]. Diskontinuální zpracování probíhá při 70 – 95°C po 4 až 15 minut. Použitá teplota a doba zahřívání závisí na formulaci směsi, na stupni míchání, požadované textuře produktu a požadované trvanlivosti. V kontinuálních vařičích, které nejsou běžně používány [3], se směs zahřívá až na 140°C po 5 – 20 s a pak se chladí na 70 – 95°C. Tato teplota je udržována po 4 – 15 minut aby mohlo dojít k interakci mezi jednotlivými ingrediencemi směsi, požadovaným fyzikálně chemickým změnám a vývoji texturních charakteristik. Kontinuální zpracování může také probíhat užitím extruze, kdy se pracuje při teplotě 70 – 90°C a velmi rychle dochází k vysokému stupni proteinové hydratace a emulsifikace. Tato metoda může být použita k produkci tavených sýrů bez ES [8].

Během tavení dochází k usmrcení všech potenciálně patogenních a znehodnocujících mikroorganismů, čímž se zvyšuje trvanlivost. Dále umožňuje fyzikálně chemické a mikrostrukturální změny, které přeměňují směs na konečný produkt s požadovanými charakteristikami a fyzikálně chemickou stabilitou [6].

Tavení přispívá k uniformní distribuci všech ingrediencí, rozpuštění emulsifikačních solí, jejich interakci s para-kaseinem, agregaci a dehydrataci para-kaseinové matrice přírodního sýra, k destrukci membrán tukových kuliček, formaci Na-parakaseinátu z Ca-parakaseinátu, k rozptýlení tuku na kapénky a vytvoření stabilní emulze oleje ve vodě [6, 18].

Vzniklý tavený sýr by měl být hladký, homogenní struktury, jednotné barvy a bez ok vznikajících kvašením plynu [10].

### 2.3.6 Homogenizace

Je mechanická operace, která se používá k roztříštění tukových kuliček na jemné disperzní částice, a tím zabráňuje samovolnému vystupování vrstvy tuku na povrch [17].

K homogenizaci se používají homogenizátory, což jsou vysokotlaká pístová čerpadla, která pracují pod tlakem asi 25 MPa a protlačují tuk úzkou štěrbinou nebo dýzou homogenizační

hlavy. Přitom dochází ke zmenšení tukových kuliček na mnoho malých kuliček požadované velikosti, a tím k zvětšení fázového rozhraní [15, 16]. Vlivem velkých smykových sil se tukové kuličky protahují do tvaru vláken, jež se v zápětí mění na řetízky a shluky drobných tukových kuliček, které se za homogenizační hlavou náhlým poklesem tlaku, rychlosti a vířivého pohybu rozpadnou a rozptýlí [16, 17].

Homogenizace zlepšuje konzistenci, strukturu, vzhled a chuť tavených sýrů. Rovněž zlepšuje stabilitu tukové emulze snížením velikosti tukových kuliček [3].

Doporučuje se jenom pro směsi s vysokým obsahem tuku, protože zvyšuje výrobní náklady a náklady na údržbu [3].

Určitá aditiva nebo koření musí být přidány až po homogenizaci, aby si zachovaly svou původní formu [3].

### **2.3.7 Balení, chlazení a uskladnění**

Horká tavenina se nalévá do formovacích a balících strojů, které ji automaticky zabalí. Teplota před balením by měla u většiny tavených sýrů poklesnout pod 65 až 70°C, aby nedošlo k poškození konzistence hotového sýra. Po zabalení se opatřují etiketou, vkládají do kartónových krabic a vychladí [16].

Plněním sýrů do obalů za horka se předchází mikrobiologické kontaminaci [23].

Na balení sýrů se jako obaly používají sýrařské vosky a parafíny, plastické fólie, nátěrové plastické hmoty a běžný nebo upravený celofán. Obvykle jsou baleny do laminátových fólií, tub, plechovek, plastových nádob (kelímky, vaničky) nebo do plastových střev (tzv. salámků) [3, 15]. Nejčastěji používaný obal pro tavené sýry je hliníková fólie ve tvaru trojúhelníků, čtverečků nebo hranolků [17, 22]. Sýry zabalené do plechovek a střev se používají k uzení (nejčastěji tekutým kouřem, kde na ně nepůsobí karcinogenní látky) [3, 22].

Po balení následuje chlazení, kdy metoda a intenzita chlazení závisí na typu taveného sýra. Bloky jsou chlazeny pomalu, zatímco chlazení roztíratelného taveného sýra by mělo být co nejrychlejší [3]. Rychlost chlazení ovlivňuje výslednou konzistenci sýrů. Čím pomaleji se chladí, tím tužší konzistence se získá [16].

Po zchlazení se sýry uskladňují se v rozmezí teplot 5 až 10°C [3].

Tavené sýry nejvyšší kvality mají trvanlivost několik měsíců. Trvanlivost závisí na obalu, do kterého je sýr zabalen. Je-li zabalen do plastických fólií, jeho trvanlivost je 3 až 4 měsíce. Sýry uložené v kovových konzervách nebo v tubách můžou mít trvanlivost delší, [23] dokonce až jeden rok při pokojové teplotě [24].

## **2.4 Charakteristika sýrových analogů**

Sýrové analogy jsou produkty podobné sýrům vyrobené mícháním různých jedlých olejů, tuků, proteinů, dalších ingrediencí a vody v hladkou homogenní směs za pomoci zahřívání, mechanického stříhání a emulsifikačních solí [18].

Mohou být klasifikovány jako sýrové substituty nebo imitace, které částečně nebo zcela substituují nebo imitují klasické sýry, a ve kterých jsou mléčný tuk, mléčná bílkovina nebo obojí částečně nebo zcela nahrazeny nemléčnou komponentou, zejména z rostlinného zdroje [8].

Tyto produkty jsou výrazně levnější než přírodní sýry, nejen kvůli užití rostlinných tuků namísto mléčných, ale protože prodejní cena kaseinů a kaseinátů mimo Evropskou Unii je levnější než ekvivalentní množství kaseinu v syrovém mléku [14].

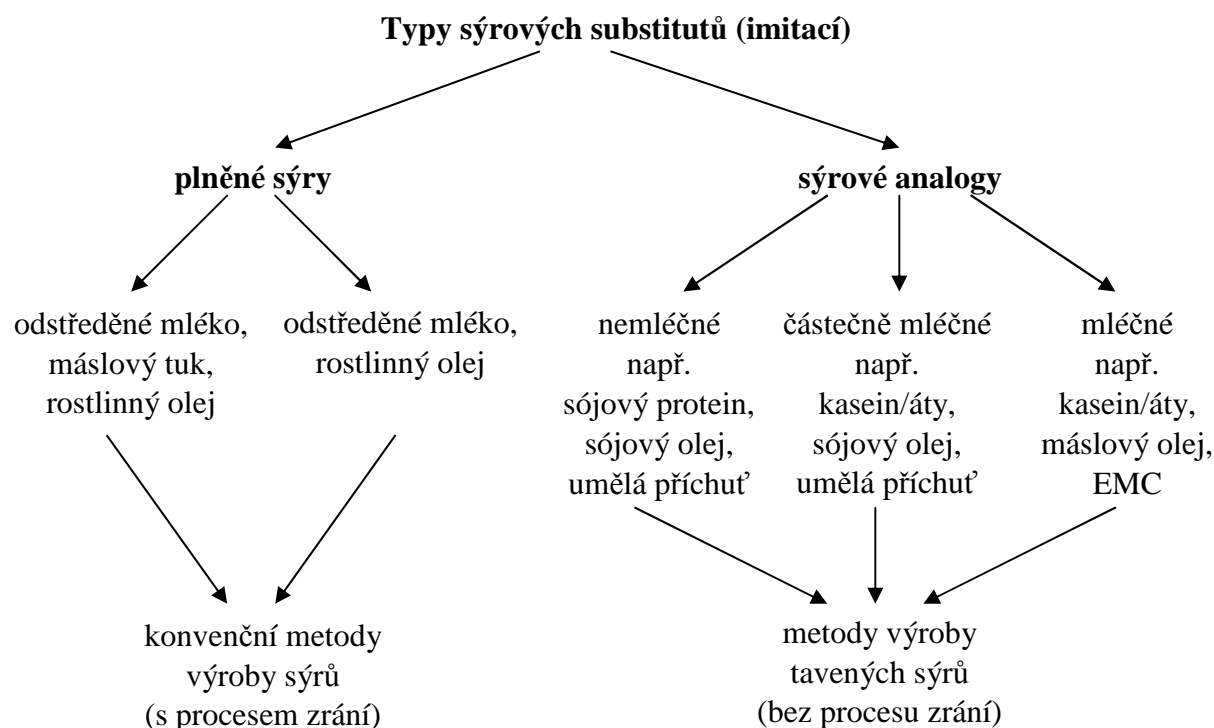
### 2.4.1 Klasifikace sýrových analogů

Jsou dva základní typy postupu výroby sýrových substitutů ukázané na obr. 2.1. První využívá tekuté mléko a běžné sýrařské metody, produkty vyrobené tímto způsobem bývají uváděny jako plněné sýry. Druhý typ, uváděný jako sýrové analogy, je vyroben mícháním různých surových materiálů za použití podobných postupů jako při výrobě tavených sýrů [19].

Pro výrobu sýrových analogů se užívá tukových a/nebo proteinových zdrojů jiných než z přírodního mléka společně s napodobením systému příchutí co nejbližších přírodním sýrům [19].

Podle zdroje, ze kterého pochází tuk a/nebo proteiny, se sýrové analogy rozdělují na mléčné, částečně mléčné nebo nemléčné. Mléčné analogy jsou vyrobeny užitím mléčných proteinů nebo máselných tuků, částečně mléčné užitím mléčných proteinů (obvykle rennet kaseinu a/nebo kaseinátů) a rostlinných tuků (sójový, palmový, řepkový) a nemléčné užitím rostlinných tuků i proteinů [8, 18].

Sýrové analogy mohou být dále rozděleny na základě výživové hodnoty. V USA jsou sýrové náhražky považovány za imitace, jestliže se podobají dalšímu sýru, ale mají nutričně nižší jakost, která zahrnuje redukci v obsahu esenciálních látek, ale nezahrnuje redukci v kalorickém nebo tukovém obsahu. Dále jsou sýrové náhražky považovány za imitace, jestliže se podobají dalšímu sýru a nejsou nutričně horší jakosti. Další produkty podobné sýrům, které mohou být klasifikovány jako imitace jsou Tofu a plněné sýry [8, 18].



Obr. 2.1 Odlišné typy sýrových substitutů [19]

### 2.4.2 Důvody zavádění sýrových analogů

Novodobým trendem v mlékárenství se stala výroba analogů mlékárenských výrobků neboli substitutů, náhražek, imitací. Tento trend byl vyvolán snahou nabídnout maloobchodu výrobek za výhodnější cenu a tedy snahou některých výrobců o náhradu původní mléčné

suroviny, především mléčného tuku, levnější ingrediencí. Na druhé straně to může být i úmysl některého z výrobců přijít na trh s cenově výhodnějším výrobkem a tím uspět nad svým konkurentem na trhu [25].

Od roku 1980 dochází v Severní Americe a v Evropě ke změně stravovacích návyků spotřebitelů. Velký vliv mají zdravotní organizace, z jejichž strany je vyvíjen tlak redukovat množství tuku, cukru, cholesterolu, solí a určitých přísad v jídle. Výrobci jídel na tyto požadavky odpověděli a nastal rychlý tržní růst produktů zdravé výživy. K redukci kalorické hodnoty byly použity tukové náhražky (např. modifikované škroby, syrovátkové proteiny), které napodobily funkční a organoleptické vlastnosti tuků [26].

V současné době se komerčně vyrábí analogy širokého rozsahu přírodních sýrů (např. Cheddar, Monterrey Jack, Mozzarella, Parmesan, Romano, Blue cheese, Cream cheese). Současná roční produkce ve Spojených státech amerických je přibližně 300 000 tun ročně s hlavními produkty nízkotučné Mozzarellou a Cheddarem [8].

Evropská produkce je malá, na rozdíl od USA (asi 20 000 tun ročně), což může být způsobeno nezahrnutím sýrových analogů do legislativy, snahami skupin zájmových se o ochranu a označení původních mléčných výrobků a/nebo relativně nízkou spotřebou pizzy a sýrů jako přísad v Evropě [8].

Mezi hlavní důvody pro výrobu sýrových analogů patří:

- může být dosažena stejná kvalita finálních produktů jako s mléčnými tuky [27],
- nižší náklady na výrobu, respektive nižší náklady na suroviny [28, 29],
- žádné sezónní výkyvy v dodávkách a konstantní kvalita (žádné rozdíly léto/zima),
- možnost použití stejného výrobního zařízení jako pro obvyklé mléčné produkty,
- jednoduchost a shodná použitelnost v produkci,
- zvýšená nutriční hodnota [29], vyšší podíl nenasycených mastných kyselin, nižší [28] nebo žádný obsah cholesterolu, redukované množství nasycených tuků a sodíku, nižší obsah kalorií [19],
- možnost použití širokého rozsahu poměru rostlinný tuk/mléčný tuk,
- možnost použití širokého rozsahu zdrojů mléčných tuků a dalších mléčných surových materiálů v kombinaci s rostlinnými tuky [27].

### 2.4.3 Označení sýrových analogů

Z platné potravinářské legislativy jednoznačně vyplývá, že v případě, kdy byla některá ze základních složek mléka (mléčný tuk, mléčná bílkovina, mléčný cukr) nahrazena jinou nemléčnou složkou, nesmí být takovýto výrobek již více označován jako mléčný výrobek, ani jako sýr [25].

Dále platí, že tavené sýry musí být vždy označeny na obalu druhem (sýr), skupinou (tavený), kromě toho má výrobce povinnost seznámit spotřebitele se všemi užitými surovinami, jež jsou vyjmenovány sestupně podle jejich množství [30].

Sýrové analogy by se tedy měly označovat jako „potravinový výrobek“ nebo u tavených sýrových analogů jako „tavený výrobek“, „tavený...“ či podobným označením, s vynecháním slova „sýr“, aby nedocházelo k záměně s „pravými“ sýry a dodržení platné legislativy [28, 25].

#### **2.4.4 Aplikace, využití sýrových analogů**

Ve Spojených státech amerických mají sýrové analogy na celkovém sýrovém trhu spíše doplňkový efekt než jako produkty používané k přímé náhradě přírodních sýrů [19]. Hlavní použití sýrových analogů v USA je jako sýr ve zmražených pizzách, kdy hlavním používaným typem je nízkotlaková Mozzarella. Náhražka typu Cheddar patří mezi obvykle používané a to hlavně v podobě plátků v cheeseburgerech [18].

Typické použití sýrových analogů na Evropském trhu je překvapivě podobné Americkému, ale liší se v tom, že v Evropě trh se sýrovými analogy téměř neexistuje [19]. V Evropě jsou sýrové analogy používány čím dál více v průmyslovém sektoru [18] jako ingredience ve složených jídlech vyrobených cateringovými společnostmi [19].

Dále se sýrové analogy používají do salátů, sendvičů, sýrových omáček [31], hamburgerů, polotovarů [8], špaget, pomazánek, jako přísada strouhaných sýrových směsí [18], v rychlém občerstvení, obchodech zajišťujících občerstvení a školních jídelnách [26].

### **2.5 Suroviny využívané při výrobě analogů sýrů**

Ingredience používané při výrobě sýrových analogů (CA) a jejich hlavní funkce jsou uvedeny v tabulce 2.2.

#### **2.5.1 Tuky**

Tuky dávají sýrovým analogům žádoucí složení, strukturu a tavicí vlastnosti [8]. V CA je snaha obsah mléčného tuku redukovat, proto se úplně nebo z části nahrazuje nenasycenými rostlinnými oleji, které mají lepší vliv na zdraví [19].

Použitím nestavitelné nebo částečně stravitelné tukové substance nebo tukové substance nižší kalorické hodnoty se získají CA s redukovanou kalorickou hodnotou. Mezi často používané nízkokalorické tukové materiály patří polyestery polyolů mastných kyselin [19].

Jsou i popsány výroby sýrových analogů s celkovým obsahem tuku nižším než 0,5 % [19].

##### **2.5.1.1 Mléčný tuk**

Viz. tavené sýry (kapitola 2.2.2)

##### **2.5.1.2 Rostlinné tuky**

Používají se jako náhražky mléčného tuku, např. bavlníkový, sójový, arašídový, palmový, kukuřičný a kokosový olej [19].

Surový rostlinný olej se získává ze semen a/nebo plodů přímou extrakcí rozpouštědlem, lisováním nebo kombinací obou způsobů. Sójový, slunečnicový a bavlníkový olej je převážně tvořen kyselinou linolovou, jádra podzemnice olejné obsahují až 50 % kyseliny laurové, palmový olej obsahuje převážně kyselinu olejovou a palmitovou a řepkový olej 55 až 60 % kys. olejové, 20 až 25 % linolové a 10 až 12 % linolenové [15].

Rostlinné tuky na rozdíl od mléčných neobsahují cholesterol, a pokud není během výroby přidán máslový olej, vznikají sýry, které neobsahují cholesterol [19].

Kyseliny linolová ( $\omega$ -6) a linolenová ( $\omega$ -3) patří mezi esenciální polynenasycené mastné kyseliny, které si náš organismus neumí vytvořit, a proto se musí přijímat potravou. Jejich hlavní význam spočívá v redukci cholesterolu v krvi a v prevenci srdečně-cévních onemocnění [32].

Použití rostlinných tuků může dát sýru konzistenci, která umožňuje větší vhodnost k určité aplikaci. Při použití směsí různých typů tuků je celkový vliv na texturní charakteristiky dán průměrem chování jednotlivých tuků. Úloha tuku v textuře závisí na jeho fyzikálně-chemických vlastnostech. Např. tuk ze sójových bobů propůjčuje CA tvrdost a adhesivitu, ale snižuje jejich kohesivitu a pružnost [19].

Tab. 2.2 *Ingredience používané při výrobě sýrových analogů* [8, 18]

| Typ ingredience                  | Hlavní funkce/efekt   | Příklady  |
|----------------------------------|---|---|
| tuky                             | dávají žádoucí složení, strukturu a tavící charakteristiky; máslový olej předává mléčnou příchut'   | máslo, sušený mléčný tuk, přírodní nebo částečně hydrogenovaný sójový olej, kukuřičný olej, palmový olej            |
| mléčné proteiny                  | dávají žádoucí složení, polotvrdou strukturu s dobrou oddělitelností, tekoucí a natahovací charakteristiku při zahřívání; asistují při vytváření fyzikálně-chemické stability | kasein, kaseináty<br>syrovátkový protein  |
| rostlinné proteiny               | dávají požadované složení, nízké náklady na kasein; zředka používány komerčně kvůli poškození produktu  | sójový protein, protein z burského oříšku, pšeničný protein   |
| škroby                           | náhražka za kasein, snížení nákladů   | přírodní a modifikované formy škrobu z kukuřice, rýže, brambor  |
| stabilizátory                    |   |   |
| emulsifikační soli               | asistují při vytváření fyzikálně-chemické stability, působí na strukturní a funkční vlastnosti  | sodné citráty a fosfáty   |
| hydrokoloidy                     | zvyšují stabilitu produktu, ovlivňují strukturní a funkční vlastnosti   | karagenany, jedlé gumy, např. xanthanová, arabská   |
| kyseliny                         | pomáhají kontrolovat pH finálního produktu  | organické kyseliny např. mléčná, octová, citrónová, fosforečná  |
| příchutě a jejich zvýrazňovače   | zdůraznění chuti  | enzymově modifikované sýry, NaCl, kvasnicové extrakty, extrakty z kouře   |
| sladící činidla                  | přidávají sladkost, zvláště v produktech určených pro děti  | dextrosa, kukuřičný sirup, hydrolyzované škroby, hydrolyzovaná laktosa  |
| barviva                          | propůjčují žádoucí barvu  | annatto, syntetická barviva   |
| konzervační činidla              | prodlužují trvanlivost, omezují růst plísní   | nisin, propionát vápenatý, sodný, sorbany   |
| vitamínové a minerální přípravky | zlepšují nutriční hodnotu   | železo, zinek, hořčík, vitamin A, riboflavin B <sub>2</sub> , thiamin B <sub>1</sub> , kys. listová B <sub>10</sub> |

## 2.5.2 Mléčné proteiny

Hlavním proteinovým zdrojem v mléčných a částečně mléčných sýrových analozích je kasein, obvykle rennet kasein, hlavně v polotvrdých blokových CA. Kaseináty jsou používány hlavně v roztíratelných CA produktech [18]. Rennet kasein a různé kyselé kaseiny se výrazně odlišují ve fyzikálních a chemických vlastnostech. Usušený rennet kasein vykazuje výhody kvůli jeho chuti a stabilitě při skladování. Často se používají různé směsi kaseinů a/nebo kaseinátů [19].

V několika zemích byly vyrobeny i imitace sýrů s nízkým obsahem proteinů. Tento druh produktů je vhodný pro spotřebitelské skupiny s dietním omezením, např. pro spotřebitele s fenylketonurií [29].

### 2.5.2.1 Kasein

Viz. tavené sýry (kapitola 2.2.3.1)

### 2.5.2.2 Kaseináty

Nejčastěji se vyrábí kaseinát sodný, který má vynikající emulgační schopnosti, výbornou pěnivost, vysokou vaznost vody a vysokou nutriční hodnotu [11, 16].

Také vápenaté kaseináty jsou široce používány při výrobě CA [19].

Při použití kaseinátu sodného namísto kaseinátu vápenatého dochází k zvýšení pH, snížení pevnosti, zvýšení stupně emulsifikace a kaseinové disociace [19].

### 2.5.2.3 Syrovátkový protein

Syrovátkové proteiny se v CA příliš často nevyužívají kvůli negativnímu dopadu na tekutost. Využívají se pouze v aplikacích, kde jsou produkty odolné k tekutosti vyžadovány, např. jako sýry v burgerech, kdy se přidává ~1-3 % syrovátkových proteinů. Nepříznivý efekt na tekutost je způsoben jejich tepelně indukovanou denaturací a agregací při zahřívání CA během přípravy nebo následného vaření [18].

## 2.5.3 Rostlinné proteiny

Rostlinné proteiny jako sójový, bavlníkový, z burského oříšku nebo z hrachu se používají jako náhražky kaseinu u CA nižší jakosti. Při jejich použití dochází k běžným vadám, mezi které patří snížená elasticita, přilnavost, zhoršená tekutost a roztažnost [18], které se zvyšují s množstvím přidávaných rostlinných proteinů [19].

Při využití sójových proteinů se musí dávat pozor, protože sójové proteiny se významně liší od mléčných proteinů v molekulárních a funkčních vlastnostech. Mají o mnoho větší molekuly, obsahují komplexní kvartérní struktury a na rozdíl od kaseinu neobsahují fosfoproteiny [19].

Pro zlepšení funkčních vlastností se využívají různé modifikace s proteasami [19].

## 2.5.4 Škroby

Škroby přírodní i modifikované se používají v CA k částečnému nebo úplnému nahrazení kaseinu a tím ke snížení nákladů na jejich výrobu. Komerčně se nejčastěji používá přírodní kukuřičný škrob, škroby z dalších zdrojů (bramborový, rýžový, pšeničný škrob a škrob z voskové kukuřice) jsou používány méně často. Typicky se přidávají v množství 2-4 % (w/w), aby nahradily přibližně 10-15 % celkového kaseinu [18, 31]. Příklad vlivu

druhu a úrovně přidaného škrobu na složení analogu nízkovlhkostní Mozzarely (LMMCA) je uveden v tabulce 2.3.

Tab. 2.3 Složení sýrového analogu nízkovlhkostní Mozzarely s a bez obsahu škrobu [18]

| Složení                          | LMMCA       |                       |                      |
|----------------------------------|-------------|-----------------------|----------------------|
|                                  | bez škrobu  | s bramborovým škrobem | s kukuřičným škrobem |
| vlhkost (% w/w)                  | 49,6 (3,26) | 50,8 (0,83)           | 50,1 (1,17)          |
| tuk (% w/w)                      | 28,0 (2,67) | 25,5 (0,62)           | 26,5 (2,43)          |
| protein (% w/w)                  | 16,8 (0,86) | 14,6 (0,04)           | 14,1 (0,44)          |
| Ca (mg g <sup>-1</sup> proteinu) | 32,6 (0,98) | 33,1 (2,4)            | 33,8 (3,42)          |
| P (mg g <sup>-1</sup> proteinu)  | 24,4 (0,48) | 27,1 (3,11)           | 26,4 (0,83)          |
| přidaný škrob (% w/w)            | —           | 34,8                  | 5,1                  |

Data ukazují středy dvou paralelních stanovení. V závorkách jsou uvedeny standardní odchylky.

Škrob je zásobní polysacharid rostlin a skládá se ze dvou polymerů amylosy a amylopektinu. Amylosa je rozpustná ve vodě a je tvořena dlouhými nerozvětvenými řetězci glukosových jednotek, amylopektin je ve vodě nerozpustný a je tvořen větvenými řetězci glukosových jednotek. Je nejvýznamnějším zdrojem sacharidů pro člověka [32].

Přírodní škrobová zrna jsou nerozpustná ve studené vodě, ale se stálým zahříváním tyto zrna bobtnají a vstřebávají vodu. Pre-gelatinizované škroby jsou modifikované škroby, které jsou rozpustné ve studené vodě, a které mají okamžité viskózní účinky. Oba druhy těchto škrobů mají tendenci k retrogradaci při chlazení. Voskové škroby vyvíjejí viskozitu bez gelových charakteristik [33].

Vliv škrobů na fyzikální vlastnosti imitovaného sýra je ovlivněn obsahem amylosy, schopností bobtnat, tvarem a velikostí škrobového zrna. Škroby s vyšším amylosovým obsahem (kukuřičný, pšeničný, bramborový) zvyšují pevnost a křehkost, ale redukují tekutost a tavitelnost CA, na rozdíl od toho škroby s nižším obsahem amylosy redukují tvrdost [31].

Typ a úroveň přidaného škrobu má vliv i na funkční vlastnosti CA [33]. Žádoucí rheologické chování je možné získat vhodnou kombinací škrobů. Předpokládá se, že přírodní škrob funguje jako inertní náplň v časných nízkoteplotních úrovních výroby vedoucí ke zvýšené schopnosti vody hydratovat kasein a k zlepšení jeho tukově-emulsifikačních vlastností. Při přidání většího množství hydratovaných škrobových částic dochází ke zhoršení rheologických vlastností imitovaného sýra vztahujících se k tekutosti při zahřívání [31].

Při celkové náhradě kaseinu přírodním pšeničným škrobem nebo pre-gelatinizovaným kukuřičným škrobem mají CA při zahřívání prakticky nulovou tavitelnost. CA vyrobené z přírodního rýžového škrobu mají nejlepší tavící vlastnosti ze všech produktů obsahujících škrob, ale byly měkké pravděpodobně kvůli nízkému obsahu amylosy ve škrobu [31].

### 2.5.5 Tavicí soli

Viz. tavené sýry (kap. 2.2.6)

### 2.5.6 Hydrokoloidy

Viz. tavené sýry (kap. 2.2.7)



### 2.5.7 Příchutě a jejich zvýrazňovače

Nejdůležitější vlastností sýrových analogů je chuť [19]. CA jsou známy svou slabou a nedostatečnou chutí, která většinou nedosáhne chutě klasického sýra. Proto, aby se CA co nejvíce přiblížily ke svým přírodním protějškům, jsou používány různé chuťové systémy. Některé jsou umělé, jiné mohou být přírodního původu [34].

Jako zdroj příchutě přírodního původu se užívají enzymově modifikované sýry (EMC), které jsou definovány jako koncentrované sýrové příchutě a jsou produkovány enzymaticky z různě starých sýrů. EMC jsou dostupné v řadě příchutí lišících se v charakteru a intenzitě. Hlavní zdroj jejich sýrové příchuti tvoří volné mastné kyseliny, které se uvolňují při lipolýze [34].

Přidáním vhodných enzymů a/nebo mikroorganismů po tepelném ošetření a umožněním zrání při příznivé teplotě mohou být připraveny CA s téměř kteroukoliv příchutí. Žádoucí příchutě se také může získat přidáním proteolytického mikrokoka, lipasy nebo jiných příchutěových kultur [19].

Chuť hraje důležitou roli, která ovlivnila přijetí CA obsahujících sójové mléko. Použití sójových bobů je limitováno kvůli jejich chuti. Fermentované sójové boby výrazně zvýšily chuť a texturu při porovnání s nefermentovanými, které jsou používány k nahrazení odtučněného sušeného mléka v krémových CA. Také burské oříšky dodávají jemnou chuť a světlou barvu [19].

Chuť sýrových analogů může být zlepšena i přidáním přírodního sýra [14].

### 2.5.8 Vitamínové a minerální přípravky

Vitamíny jsou esenciálními složkami potravin a v lidském organismu vykonávají řadu funkcí. Nejdůležitější z nich je katalytický účinek při látkové přeměně. Nedostatek vitamínů v potravě se projevuje různými poruchami, které se v lehčí formě projevují jako hypovitaminosy a v těžší formě jako avitaminosy [13].

Minerální látky jsou nezbytnou součástí rostlinných pletiv i živočišných tkání. Vyskytují se v malém množství a mnohé jsou důležitou součástí enzymů. Např. železo je součástí hemoglobinu, myoglobinu a cytochromů a jeho nedostatek způsobuje chudokrevnost. Při nedostatku zinku se objevuje anémie a poruchy růstu [35].

Vitamíny se do CA přidávají pro zvýšení nutriční hodnoty, ale nejsou jejich hlavní součástí.

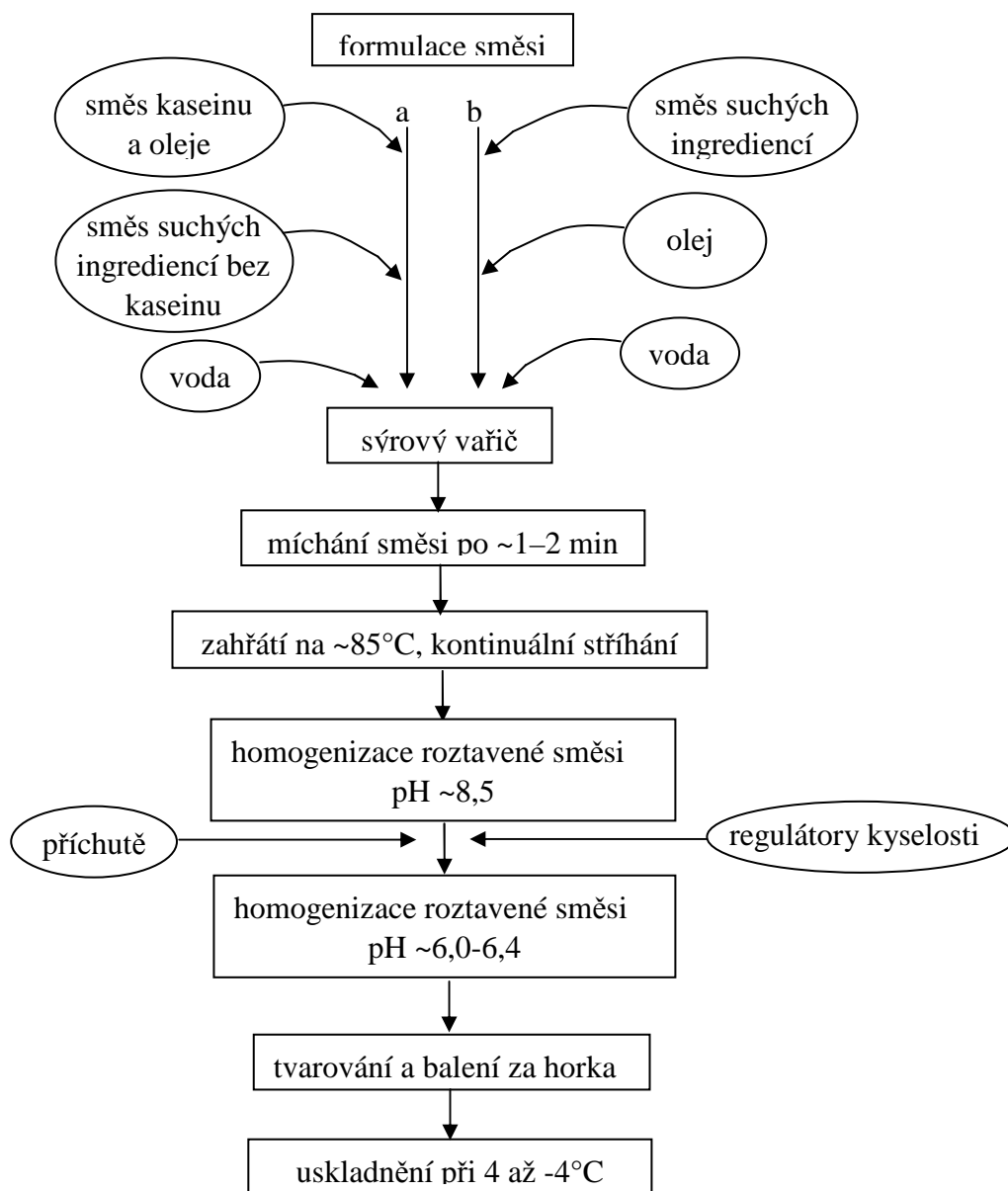
## 2.6 Technologie výroby analogů tavených sýrů

Výrobní technologie analogů sýrů je velmi podobná výrobě tavených sýrů [14]. Typický postup výroby je ukázán na obr. 2.2.

Typická výrobní procedura zahrnuje následující kroky: [8, 18]

- současné přidání požadovaného množství vody a suchých ingrediencí (např. kasein, emulsifikační soli), přidání části oleje (přibližně 90%),
- zahřívání při teplotě 80 až 90°C pomocí přímé párové injekce (typicky v rychlosti 15 až 20 K min<sup>-1</sup>),
- současné stálé stříhání dokud není získána uniformní homogenní roztavená hmota (~5 až 8 minut),

- přidání příchutíových látek, regulátorů pH (např. kyselina citrónová) a zbývajícího oleje,
- míchání směsi po další 1 až 2 minuty,
- balení za horka
- chlazení a skladování



Obr. 2.2 Typický postup výroby pro sýrový analog nízkovlhkostní Mozzareilly [18]

Odlišné postupy pro přípravu a přidání ingrediencí jsou ukázány jako **a** a **b**

### 2.6.1 Formulace směsi

Směs ingrediencí a výrobní podmínky jsou vybrány tak, aby se dosáhlo požadované struktury, barvy, vzhledu, chutě a trvanlivosti při přijatelných nákladech [23]. Příklad typické formulace LMMCA, která dává sýr s typickým složením, je ukázán v tab. 2.4.

Pořadí přidávání přísad se mění s praktikami továrny, dále závisí na hydratačních vlastnostech kaseinu, na typu a množství přidaného škrobu, druhu vařiče, celkovém designu, době vaření a konečných vlastnostech produktu [18].

Jestliže jsou vyžadovány CA s dobrou tekutostí, část oleje se přidává při pokročilém stupni vaření (např. po kaseinové hydrataci), jestliže je kaseinová hydratace pomalá a je použit vařič s vysokým střihem [18].

Tab. 2.4 Typická formulace LMMCA [8]

| <b>Ingredience</b>            | <b>Přidané množství<br/>(%, w/w)</b> |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| kasein a kaseinaty            | 18–24                                |
| rostlinný olej                | 22–28                                |
| škrob                         | 0,0–3                                |
| emulzifikační soli            | 0,5–2                                |
| příchuť a jejich zvýrazňovače | 0,5–3                                |
| stabilizátory                 | 0,0–0,50                             |
| kyseliny                      | 0,2–0,36                             |
| barviva                       | 0,04                                 |
| konzervační činidla           | 0,1                                  |
| voda a kondenzáty             | 45–55                                |

### 2.6.2 Předmixování

Předmixování ingrediencí není při výrobě sýrových analogů frekventovaně používáno. Obvykle zahrnuje míchání zahřátého oleje a kaseinu v horizontálních mixérech s motorizovaným jedno nebo dvoubřítým šroubem nebo lopatkou trvajícím typicky přibližně 1 hodinu [18].

Tento proces redukuje výrobní čas v tavičce během zpracování a tím zvyšuje výkonnost. Také zabraňuje přímému kontaktu kaseinu a vody, ke kterému dochází při přímém přidání ingrediencí do vařiče. Tím se minimalizuje riziko přítomnosti kousků nerozpuštěného kaseinu v konečném produktu, obzvláště když kaseinové částice jsou malé, povrchová oblast je velká a stupeň míchání je nízký. Takové kousky vznikají, když kaseinové částice rychle hydratují s vodou, kdy vytvářejí lepkavou plastickou hmotu, která se lepí na suchý kasein a vytváří nepropustnou vrstvu [18].

Předmixovaná směs kaseinu a oleje je pumpována do vařiče obsahujícího vodu, emulzifikační soli a další ingredience. Jestliže předmixování není uskutečněno, ingredience jsou přidávány za stálého míchání přímo do vařiče [18].

### 2.6.3 Tavení

Je nejdůležitější fází výroby tavených sýrů, kdy důležitou roli hraje výška teploty, doba působení, rychlost míchání a přítomnost tavících solí [17].

Tavení probíhá v tavičkách, které jsou vybaveny míchadlem, zařízením pro přímý a nepřímý ohřev parou a zařízením pro registraci teploty [17, 18]. Dále probíhá za stálého míchání, které umožňuje lepší kontakt mezi emulzifikačními činidly a směsí ingrediencí [3], přímým ohřevem parou a u nových zařízení současně i ohřevem do pláště. Současně s ohřevem se zapíná i vývěva, která vytváří podtlak 0,04 až 0,05 MPa, a tím zkracuje dobu

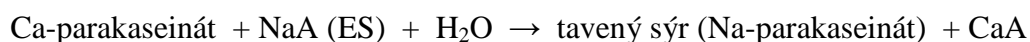
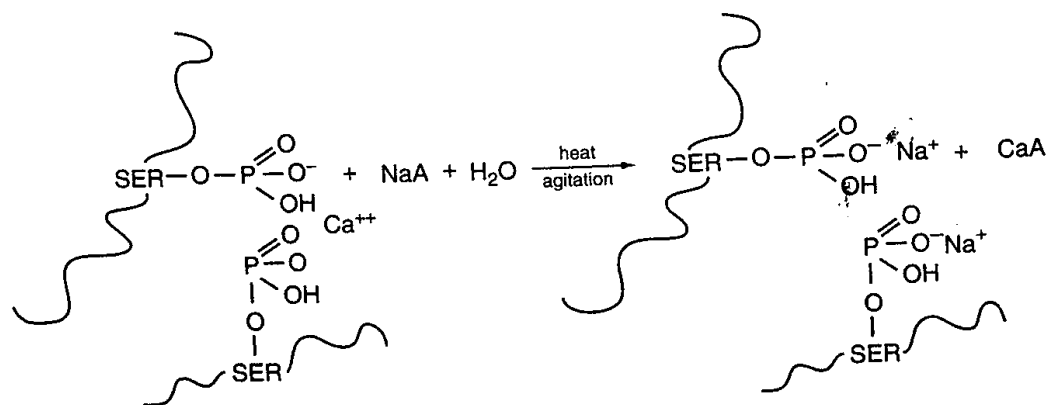
záhřevu na danou teplotu. Celková doba tavení je běžně 10 až 15 minut od počátku záhřevu včetně 4 až 5 min. míchání po dosažení požadované teploty ~85°C [17].

Druh použitého vaříče závisí na strukturních vlastnostech finálního produktu a jeho aplikaci. Vaříč, který dává vysoký stupeň stříhu (např. rychlost míchání 250 až 1500 ot/min) je často používán pro výrobu náhražek vysoko vlhkostních pasterizovaných sýrových produktů. Vysoký stříh podporuje vysoký stupeň emulsifikace, který zajišťuje krémový pocit v ústech konečného produktu. Vaříče, které zajišťují adekvátní mísení a relativně nízký stupeň mechanického stříhu (např. rychlost míchání 70 ot/min) jsou použity pro výrobu sýrových analogů, u kterých je vyžadován nízký stupeň tukové emulsifikace. Toto je vyžadováno u polotvrdých (blokových) sýrů pro plátkování a strouhání [18].

Tavení přispívá k uniformní distribuci všech ingrediencí, rozpuštění emulsifikačních solí, jejich interakci s rennet kaseinem a k následné formaci Na-parakaseinátu z Ca-parakaseinátu, k rozptýlení tuku na kapénky a vytvoření stabilní emulze oleje ve vodě (obr. 2.3). Také inaktivuje potenciální patogenní sporotvorné mikroorganismy a tím prodlužuje trvanlivost produktu [18].

Vzniklá tavenina musí být hladká, lesklá, nesmí uvolňovat kapénky tuku, musí mít požadovanou viskozitu, nesmí se „trhat“ ani lepit na obal [16].

Požadované konzistence se kromě optimální hodnoty pH dosahuje vhodnou teplotou tavení a dobou výdrže při této teplotě. Čím rychleji se surovina taví, tím rychleji probíhá krémování a využíování taveniny [16].



*A – fosforečnan nebo citrát*

*Obr. 2.3 Chemická reakce během výroby taveného sýra [3]*

## 2.6.4 Přídavek regulátorů kyselosti a příchutí

Kyseliny jsou přidávány, aby zvýšily pH CA na hodnotu, která je požadována v konečném produktu [18].

Přídavek kyseliny na konci výroby spíše než na začátku zajišťuje vysoké pH (~8 až 9) ve směsi během zpracování. Tato procedura je žádoucí ve výrobě CA, kde je hlavní přísadou nerozpustný rennet kasein [18].

Vysoké pH během zpracování přispívá k vyšší oddělitelnosti vápníku z rennet kaseinu účinkem emulsifikačních solí. Oba faktory zprostředkovávají přeměnu Ca-parakaseinu na Na-parakasein, který váže vodu a emulguje rostlinný olej [18].

Redukováním pH směsi během zpracování se zvyšuje čas vyžadovaný pro zformování CA a pravděpodobně ovlivňuje i jeho vlastnosti (např. pevnost, rozpustnost) [18].

Výsledné pH u roztíratelných tavených sýrů by mělo být nejlépe v rozmezí 5,8 až 6,0 a u polotuhých a tuhých v rozmezí 5,6 až 5,7 [16]. Tavený sýr s nižším pH má konzistenci pevnější než ten samý výrobek s pH vyšším [17].

Příchutě se přidávají na konci výrobního procesu, aby se minimalizovala ztráta těkavých látek [18].

### **2.6.5 Homogenizace**

Viz. tavené sýry (kap. 2.3.6)

### **2.6.6 Balení, chlazení a uskladnění**

Viz. tavené sýry (kap. 2.3.7)

## **2.7 Aromatické látky v sýrech**

Aromatické látky patří mezi senzoricky aktivní složky potravinářských surovin a výrobků. Je to směs sloučenin různých skupin organických, zpravidla těkavých látek [36].

Aromatickými látkami tedy rozumíme veškeré vonné a chuťové látky, které jsou buď přirozenou složkou potravin, nebo vznikají během zpracování potravin enzymovými a chemickými reakcemi. Komplexní senzorický vjem chuti a vůně, vyvolaný současně vonnými a chuťovými látkami, se označuje anglickým termínem flavour [37].

Sýrový flavour je jedním z nejdůležitějších kritérií rozhodující o výběru a o přijetí spotřebitelem. Jedinečný flavour jednotlivých druhů sýrů je výsledkem komplexní rovnováhy mezi vzniklými těkavými a netěkavými chemickými sloučeninami [38].

V sýrech bylo zatím zjištěno asi 600 těkavých látek. Nicméně jen malá část z těchto sloučenin je opravdu zodpovědná za chuť sýru. V mnoha případech nejvíce zastoupené těkavé látky mohou mít malý nebo žádný aromatický význam [39].

### **2.7.1 Vznik aromatických látek v tavených sýrech**

Charakteristický pach a chuť sýra se tvoří během skladování a zrání, přičemž složení mikroflóry a skladovací podmínky jako teplota, vlhkost vzduchu a čas mají největší vliv [39].

Hlavní cesty tvorby aromatických sloučenin v sýru jsou metabolismus laktosy a laktátu, lipolýza a proteolýza [38], které vycházejí ze tří hlavních mléčných složek a to laktosy, lipidů a proteinů [40].

Na základě senzorického hodnocení a analytické chemické analýzy byly identifikovány různé skupiny těkavých látek důležitých pro chuť a aroma sýrů. Těmito sloučeninami jsou zejména mastné kyseliny, estery, aldehydy, alkoholy, ketony a sirné sloučeniny [41].

#### **Aldehydy**

Aldehydy nejsou významné sloučeniny v sýru, protože jsou rychle redukovány na alkoholy nebo oxidovány na odpovídající kyseliny [38]. Vznikají buď z aminokyselin transaminací nebo tzv. Streckerovou degradací, a nebo  $\beta$ -oxidací nenasycených mastných kyselin [39].

Aldehydy s rozvětveným řetězcem vznikají z aminokyselin např. 2-methylpropanal, 2-methylbutanal a 3-methylbutanal jsou tvořeny z valinu, izoleucinu a leucinu. Aldehydy

s rovnými řetězci jako n-butanal, n-pentanal, n-hexanal a n-nonanal se běžně vyskytují v sýru a jsou tvořeny  $\beta$ -oxidací [39].

Dalším důležitým aromatickým aldehydem je fenylacetaldehyd tvořený z fenylalaninu [39].

### **Alkoholy**

Jako aromatické látky se uplatňují hlavně volné primární alkoholy a jejich estery [37].

S biosyntézou alkoholů jsou spojeny různé metabolické dráhy, zejména metabolismus laktózy a aminokyselin, methyl-keťonová redukce a degradace linolové a linolenové kyseliny [38].

Nejčastější alkohol identifikovaný jako klíčová aromatická látka ve většině druhů sýrů je okt-1-en-3-ol. Tento alkohol má charakteristické žampionové aroma [39].

### **Ketony**

Jsou hlavními složkami většiny mléčných výrobků. Vzhledem ke svému typickému pachu a nízkému prahu vnímání [38] hrají významnou roli jako žádoucí a někdy i nežádoucí aromatické složky potravin [37].

Senzoricky důležitým ketonem je okt-1-en-3-on, který je spojován se žampionovým aroma a pochází z drah kyseliny linolové a linolenové [39].

Nejdůležitějším diketonem je butan-2,3-dion (diacetyl), který vzniká z pyruvátu vyplývajícího z laktózy a citrátového cyklu [39] a vyznačující se silným máslovým zápachem [42]. Jeho vznik je způsoben především činností bakterií mléčného kvašení [39].

Redukcí diacetylu může vznikat 3-hydroxy-2-butanon (acetoin) [42].

### **Estery**

Jsou běžné těkavé látky v sýrech. Vznikají esterifikací probíhající mezi krátkými až středně dlouhými řetězci mastných kyselin a primárními a sekundárními alkoholy [39].

Většina esterů obsažených v sýru je popsána jako sladké, ovocné a květinové aroma. Dále tyto sloučeniny mohou přispět k aroma sýra minimalizací hořkosti a ostrosti předávané mastnými kyselinami a aminy [39].

Mezi nejčastější estery v sýrech patří ethylbutanoát, fenylacetát a ethyl-2-methylpropanoát [39].

### **Laktony**

Jsou cyklické estery, které v sýrech vznikají hydrolýzou hydroxymastných kyselin triacylglycerolů (běžné složky mléčného tuku) a následnou laktonizací [39].

$\gamma$ - a  $\delta$ - laktony se vyznačují ovocným aroma, spojeným hlavně s výrazným broskvovým, meruňkovým a kokosovým pachem [39]. Nejčastějším identifikovaným laktonem je  $\delta$ -decalakton a  $\delta$ - dodecalakton [42].

### **Furany**

Vzhledem ke své příjemné chuti a vůni jsou vyráběny synteticky v průmyslovém měřítku a jsou široce užívány jako aromatické látky pro potraviny a nápoje [39].

Vznikají v průběhu zpracování Maillardovými reakcemi. Silně přispívají k flavouru sýrů s nízkým obsahem tuku svým nasládlým a oříškovým aroma [39].

### **Sírné sloučeniny**

Těkávé sírné sloučeniny hrají důležitou roli v flavouru sýrů [39]. Klíčovou roli při jejich vzniku hraje methionin. Jeho degradace vede ke vzniku různých sírných sloučenin [41], které mají nízký práh vnímání a dávají česnekový pach [39].

Nejčastěji se vyskytující sírnou sloučeninou v sýru je 3-methylthiopropenal, který pozitivně přispívá k aroma v nízkých koncentracích. Další důležitou sírnou sloučeninou je methanthiol, který je prekurzorem dalších sírných sloučenin jako např. dimethyldisulfidu [39].

### **Mastné kyseliny**

Mastné kyseliny jsou důležité, dokonce převládající složky flavouru mnoha druhů sýrů [39]. Jsou nejen aromatické sloučeniny samy o sobě, ale také slouží jako prekurzory methylketonů, alkoholů, aldehydů a esterů [38].

Mastné kyseliny s delším řetězcem vznikají lipolýzou mléčného tuku nebo rozkladem aminokyselin. Kratší mastné kyseliny lze odvodit z ketonů, esterů a aldehydů oxidací [39].

Koncentraci těkávých mastných kyselin ovlivňuje i hodnota pH, protože pouze ve volné, protonované formě jsou pachově aktivní a přispívají k syrovému flavouru. Obecně platí, že mastné kyseliny s dlouhým řetězcem ( $>12C$ ) hrají menší roli v chuti vzhledem k jejich relativně vysokému práhu vnímání. Krátké a středně dlouhé mastné kyseliny ( $C_4-C_{12}$ ) mají mnohem nižší práh vnímání a mají charakteristické aroma [38, 39].

Příspěvek látek k celkové chutnosti potravin lze hodnotit pomocí poměru experimentálně zjištěných koncentrací a sensoricky zjištěných prahových koncentrací. Prahová koncentrace je statisticky zjistitelná hodnota, která ukazuje, při které nejnižší koncentraci většina hodnotitelů tuto látku jednoznačně rozpoznala. Prahové hodnoty jsou výrazně závislé na matici, ve které byly stanoveny a mohou se u jednotlivých látek měnit až v rozsahu několika řádů [57]. Charakteristické aroma a prahové koncentrace látek identifikovaných v různých maticích jsou uvedeny v příloze č. 8.1

## **2.8 Senzorická analýza**

V moderní době převládá ve vyspělých státech nabídka pokrmů a potravinářských výrobků nad poptávkou, takže na trhu vládne ostrý konkurenční boj mezi výrobci. Sensorická jakost je hlavní měřítko, kterým se řídí výběr výrobků při nákupu a je jedinou stránkou jakosti, kterou může spotřebitel sám ohodnotit [43].

Senzorickou analýzou rozumíme hodnocení potravin bezprostředně našimi smysly včetně zpracování výsledků lidským centrálním nervovým systémem [43]. Při posuzování se využívá všech lidských smyslů, nejčastěji chuťového a čichového, ale i zrakového, sluchového, hmatových smyslů, smyslů pro chlad teplo a bolest [44].

Senzorickou analýzou se nestanoví bezprostředně koncentrace sensoricky aktivní látky, ale přijatelnost nebo intenzita vjemu, nikoli složení potravin [44].

### **2.8.1 Použité metody senzorické analýzy**

#### **Preferenční zkouška**

Při preferenční zkoušce jde o určení, kterému vzorku dá posuzovatel přednost jako sensoricky kvalitnějšímu, přijatelnějšímu či příjemnějšímu. Z používaných technik je nejčastější párová zkouška a pro větší soubory vzorků zkouška pořadová.

### **Stupnicové metody**

Tyto metody jsou v praxi nejpoužívanější, protože jimi lze lépe kvantitativně vyjádřit jakostní rozdíly mezi vzorky [37]. Zjišťují se hlavně rozdíly mezi výrobky stejného typu od různých výrobců [36]. Celková jakost nebo některý dílčí ukazatel se posoudí podle určité stupnice [44].

V našem případě byla použita sedmibodová ordinální stupnice hedonického typu. Ordinální stupnice je taková, kde se intenzita, kvalita nebo příjemnost určité vlastnosti mění daným směrem, ale velikost intervalů není přesně dána. Hedonická stupnice slouží k posouzení stupně příjemnosti, přijatelnosti nebo libosti [37].

### **Profilové metody**

Často se jimi posuzují jemné rozdíly v charakteru chutě a vůně. Posuzovatel si celkový vjem rozdělí na dílčí vjemy a určuje se buď intenzita dílčího vjemu, nebo jak by se měla intenzita upravit, aby se dosáhlo optimální jakosti. Profilová metoda je velmi citlivá, ale vyžaduje zkušené hodnotitele [37].

## **2.9 Analytické metody stanovení aromatických látek**

Potraviny mají vysoce kompletní chemické složení. Obsahují jak těkavé tak netěkavé látky, které tvoří flavour potravin. Relativně jednoduchý flavour může mít 50 až 200 složek, které poskytují charakteristické aroma potravin [45].

Instrumentální přístup k charakterizaci aroma zahrnuje reprezentativní izolaci těkavých látek a jejich selekci [45].

K určení sloučenin zodpovědných za chuť potravin je nezbytné vybrat vhodnou metodu pro izolaci aromatických látek. Tato metoda by měla umožnit extrakci všech sloučenin přispívajících k chuti potravin, ale neměla by měnit profil charakteristických těkavých látek (tvořit artefakty). Dalším problémem izolace aromatických látek je jejich přítomnost v široké škále koncentrací od  $\text{ng}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a jejich vonné prahy, které jsou často nižší než detekční limity GC detektorů [46].

Těkavé sloučeniny se zpravidla analyzují pomocí plynové chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií (GC-MS) [38] nebo olfaktometrií (GC-O) [39].

GC-MS je metoda využívaná pro identifikaci a kvantifikaci aromatických látek, ale neumožňuje zjistit, zda tyto sloučeniny jsou nebo nejsou zápach aktivní. Doplnění o GC-O poskytuje cenný nástroj pro zkoumání struktury vonných látek v popisu zápachu i aktivity [39].

### **2.9.1 Metody používané pro izolaci aromatických látek**

Izolace a zkoncentrování aromatických látek může být prováděna různými metodami jako je extrakce rozpouštědly, superkritická fluidní extrakce (SFE) [39], mikroextrakce tuhou fází (SPME), simultánní destilace a extrakce (SDE) [47], SAFE (solvent-assisted flavour evaporation) nebo dynamická a statická headspace [46].

Mezi nejvhodnější metody patří SPME, SDE a metody headspace.

**Simultánní destilace a extrakce (SDE)** se využívá pro rozbor mnohých potravinářských výrobků kvůli její univerzálnosti a relativní jednoduchosti. Aplikace zvýšené teploty a rozpouštědel může však vést ke tvorbě artefaktů [46]. K minimalizaci jejich vzniku se provádí při sníženém tlaku a teplotě a s malým množstvím vody a rozpouštědla [45]. Pomocí



SDE metody zkoumal např. Leuven [48] aromatické látky v sýrech typu gouda, Di Cagno [49] v Italských PDO sýrech z ovčího mléka.

**Dynamická a statická headspace** jsou metody založené na analýze plynné fáze, která byla v kontaktu s extrahovaným materiálem. U statické headspace se analyzuje vzorek plynu odebraný z headspace prostoru nad vzorkem. U dynamické headspace prochází přes vzorek plyn a unáší těkavé látky, které jsou následně vychytávány pomocí adsorbentu [45]. Pomocí dynamické headspace GC-MS studoval Sunesen [24] těkavé sloučeniny v tavených sýrech.

**SPME** je relativně jednoduchá a rychlá sorpčně-desorpční technika pro zkoncentrování aromatických sloučenin [50]. Tato technika nevyžaduje rozpouštědlo, čímž omezuje riziko vzniku artefaktů [47]. K extrakci a koncentraci analytu využívá malého kousku (1 až 2 cm) taveného křemene potaženého kapalnou nebo pevnou fází [46].

Vzhledem ke své robustnosti, možnosti automatizace, selektivitě, nízkým nákladům, snadnému ovládání a dostatečné citlivosti [46, 51] je dnes běžně používanou metodou pro extrakci aromatických sloučenin ze sýrů. Také vyžaduje jen malé množství vzorku a umožňuje izolaci těkavých látek z matrice jak v pevném, tak v kapalném stavu [38].

Pro analýzu těkavých látek se často používá headspace (HS) SPME, kdy dochází k sorpci těkavých látek z prostoru nad vzorkem tzv. headspace prostoru [50].

Z uvedených metod zkoncentrování se nejčastěji používá HS-SPME, což dokazuje řada studií aromatických látek v sýrech, které tuto metodu použily, např. Frank [50] pomocí SPME ve spojení s GC-MS a GC-O zkoumal aromatické látky v čedaru, tvrdých sýrech a v sýrech s modrou plísní, Pinho [47] pomocí SPME-GC-MS v polotvrdém sýru Terrincho, Januszkiewicz [51] v komerčním čedaru a enzymově modifikovaném čedaru, Delgado [38] v Španělském měkkém sýru, Noronha [34] v EMC.

## 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3.1 Laboratorní vybavení

#### 3.1.1 Přístroje

- Plynový chromatograf TRACE GC (ThermoQuest Italia S.p.A., Itálie) s plamenově ionizačním detektorem, split/splitless injektorem a kapilární kolonou DB-WAX (30 m  $\times$  0,32 mm  $\times$  0,5  $\mu$ m),
- počítač,
- vodní lázeň Julabo LABORTECHNIK GMBH, typ TW12,
- Analytické digitální váhy HELAGO, GR-202, Itálie,
- Chladnička s mrazničkou AMICA, model AD 250,

#### 3.1.2 Plyny

- Dusík 5.0 SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem s kovovou membránou,
- vodík 5.5 SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem,
- vzduch SIAD v tlakové lahvi s redukčním ventilem pro kyslík.

#### 3.1.3 Chemikálie

- Acetaldehyd pro biochemii, MERCK Německo;
- Acetoin pro syntézu, MERCK Německo;
- Aceton p. a., LACHEMA Brno;
- Benzaldehyd, REACHIM Rusko;
- Benzylalkohol pro syntézu, MERCK Německo;
- Butan-1-ol p. a., LACHEMA Brno;
- Butan-2,3-diol pro syntézu, MERCK Německo;
- Butylacetát p. a., LACHEMA Brno;
- Dekan-1-ol pro syntézu, MERCK Německo;
- Diacetyl pro syntézu, MERCK Německo;
- Ethanol, Lach:Ner s.r.o. Česká republika;
- Ethylacetát p. a., LACHEMA Brno;
- Ethylbutyrát pro syntézu, MERCK Německo;
- Ethylkaprinát pro syntézu, MERCK Německo;
- Ethylkaprylát pro syntézu, MERCK Německo;
- Fenylacetaldehyd 90%, SIGMA ALDRICH Německo;
- Fenylethanol pro syntézu, MERCK Německo;
- Heptaldehyd 95%, SIGMA ALDRICH Německo;
- Heptan-2-ol pro syntézu, MERCK Německo;
- Heptan-2-on pro syntézu, MERCK Německo;
- Hexan-1-ol pro syntézu, MERCK Německo;
- Hexanal 98%, SIGMA ALDRICH Německo;
- Isoamylalkohol pro syntézu, MERCK Německo;
- Isobutanol p. a., LACHEMA Brno;
- Isomáselná kyselina pro syntézu, MERCK Německo;
- Isopropanol p. a., LACHEMA Brno;
- Isovaleraldehyd p. a., FLUKA Chemie Švýcarsko;

- Isovalerová kyselina pro syntézu, MERCK Německo;
- Kaprinová kyselina p.a. 99%, SERVA Feibiochemica Heidelberg Německo;
- Kapronaldehyd p. a., FLUKA Chemie Švýcarsko;
- Kapronová kyselina pro syntézu, MERCK Německo;
- Kaprylová kyselina p. a., REACHIM Rusko;
- Máselná kyselina p. a., FLUKA Chemie Švýcarsko;
- Methanol LACH:NER s.r.o. Česká republika;
- Methylacetát pro syntézu, MERCK Německo;
- Methylisobutylketon p. a., LOBA FEINCHEMIE Rakousko
- Methylpropylketon pro syntézu, MERCK Německo
- Mléčná kyselina purum., SIGMA ALDRICH Německo;
- N-amylalkohol p. a., LACHEMA Brno;
- N-oktanol p. a., LACHEMA Brno;
- Nonan-2-ol pro syntézu, MERCK Německo;
- Nonan-2-on pro syntézu, MERCK Německo;
- N-propanol p. a., LACHEMA Brno;
- Octová kyselina 99%, Lach:Ner s.r.o. Česká republika;
- Okt-1-en-3-ol purum, FLUKA Chemie Švýcarsko;
- Oktan-2-ol p. a., FLUKA Chemie Švýcarsko;
- Pentan-2-ol pro syntézu, MERCK Německo;
- Propionaldehyd pro syntézu, MERCK Německo;
- Propionová kyselina pro syntézu, MERCK Německo;
- Propylacetát purum, BRUXELUS Belgie;
- Sek. butanol p. a., REONAL Maďarsko;
- Terc. butanol p. a., LACHEMA Brno;
- Undekan-2-on pro syntézu, MERCK Německo.

#### 3.1.4 Pracovní pomůcky

- SPME vlákno s polární stacionární fází CAR<sup>TM</sup>/PDMS o tloušťce filmu 85 µm, SUPELCO,
- vialky (objem 4 ml) se šroubovacím uzávěrem a septem kaučuk-teflon,
- mikropipety BIOHIT PROLINE (objem 0,5 – 1000 µl), FINNPIPETTE (objem 0,2 - 2 µl), špičky, držák na pipety
- parafilm PECHINEY PLASTIC PACKAGING, nůžky
- kelímky pro senzorické hodnocení
- nůž, kávové lžičky, Petriho misky, tácky, špachtle,
- běžné laboratorní sklo.

### 3.2 Instrumentální analýza

Pro stanovení aromaticky aktivních látek ve vzorcích tavených sýrových analogů byla vybrána metoda mikroextrakce pevnou fází v kombinaci s plynovou chromatografií (SPME/GC).

### 3.2.1 Analyzované vzorky

Vzorky tavených sýrových analogů byly vyrobeny 21. 1. 2010 na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Jako hlavní surovina byla použita eidamská cihla vyrobená v mlékárně v Kroměříži (Kromilk a.s.) a různé druhy tuků: máslo, koncentrovaný mléčný tuk, kokosový tuk, slunečnicový olej a palmový olej. Obsah tuku v sušině (TVS) byl 50%.

Přesné složení jednotlivých vzorků sýrů je uvedeno v tabulce 3.1.

Postup výroby: Suroviny byly rozkrájeny na menší kousky a dány do tavícího kotle, dále se přidala voda a tavící soli. Následně byla směs zahřáta na 90°C nepřímým ohřevem (pláštěm) a udržována při této teplotě 1 minutu. Náběh na 90°C trval asi 10 minut. Roztavená hmota byla za horka plněna do plastových kelímků a uzavřena. Nakonec se tavené sýrové analogy nechaly samovolně zchladnout a uskladnily se při 6°C.

Fotografie jednotlivých tavených analogů jsou uvedeny v příloze č. 8.2.

Tabulka 3.1: Přesné složení vzorků tavených sýrových analogů

| Tuk použitý pro výrobu   | Množství suroviny (kg) |       |            |            | Vypočítané hodnoty (%) |       |       |
|--------------------------|------------------------|-------|------------|------------|------------------------|-------|-------|
|                          | eidamská cihla 30%     | tuk   | tavící sůl | pitná voda | sušina                 | tuk   | TVS   |
| palmový tuk              | 0,4                    | 0,100 | 0,019      | 0,26       | 40,19                  | 19,90 | 49,51 |
| kokosový tuk             | 0,4                    | 0,101 | 0,019      | 0,26       | 40,26                  | 19,99 | 49,99 |
| slunečnicový olej        | 0,4                    | 0,098 | 0,019      | 0,27       | 40,16                  | 20,08 | 49,99 |
| koncentrovaný mléčný tuk | 0,4                    | 0,101 | 0,019      | 0,26       | 40,26                  | 19,99 | 49,67 |
| máslo                    | 0,4                    | 0,120 | 0,019      | 0,25       | 40,11                  | 20,08 | 50,06 |

### 3.2.2 Analýza aromatických látek

Vždy 1 g stanovovaného sýra (nebo 100% tuku) byl navážen do 4 ml vialky, která byla následně uzavřena vzduchotěsným teflon-kaučukovým septem. Sýr (nebo 100% tuk) byl umístěn na dno vialky, aby později nedošlo ke kontaktu s SPME vláknem.

Vialka se vzorkem byla umístěna do vodní lázně vytemperované na 35°C, kde po dobu 30 minut docházelo k ustanovení rovnováhy mezi vzorkem a headspace prostorem.

Poté bylo do headspace prostoru nad vzorkem vsunuto SPME vlákno. Během dalších 20 minut docházelo k extrakci aromatických látek.

Po ukončení extrakce bylo vlákno zasunuto do ocelové jehly a ihned přeneseno do injektoru plynového chromatografu. V injektoru byl analyt tepelně desorbován a nesen na GC kolonu.

Před každou sérií měření bylo SPME vlákno kondicionováno 30 minut v injektoru plynového chromatografu o teplotě 250 °C, aby se odstranily zbytky sloučenin, které mohly být případně zachycené na SPME vlákne z předchozích měření.

### 3.2.3 Podmínky SPME

Optimální podmínky SPME byly voleny obdobně, jako v předchozích diplomových pracích [52, 53].

- Navážka vzorku: 1,0 g,
- rovnovážná doba: 30 minut,
- doba extrakce: 20 minut,
- prodleva mezi extrakcí a desorpceí: 0 minut,
- teplota desorpce: 250 °C,
- doba desorpce: 20 minut.

### 3.2.4 Podmínky GC analýzy

Metoda GC analýzy byla převzata z předchozích diplomových prací [52, 53].

- Plynový chromatograf TRACE GC (ThermoQuest Italia S. p. A., Itálie);
- nosný plyn, dusík, průtok 0,9 ml.min<sup>-1</sup>;
- dávkovač splitless injection – ventil uzavřen po dobu 5 minut;
- teplota injektoru: 250 °C;
- teplotní program: 40 °C, 1 minuta, vzestupný gradient 5 °C za minutu do 200 °C s výdrží 7 minut;
- kolona: kapilární DB-WAX o rozměrech 30 m × 0,32 mm × 0,5 μm;
- detektor: plamenově ionizační (FID), teplota 220 °C, průtok vodíku 35 ml.min<sup>-1</sup>, průtok vzduchu 350 ml.min<sup>-1</sup>, make – up dusíku 30 ml.min<sup>-1</sup>;
- celková doba analýzy: 40 minut.

### 3.2.5 Identifikace aromatických sloučenin

Těkavé aromatické látky extrahované pomocí SPME byly identifikovány a kvantifikovány pomocí standardů.

Standardy byly proměřeny v sadách, stejných jako v předchozí diplomové práci [52]. Koncentrované standardy byly naředěny ve vhodném poměru destilovanou vodou. Vždy 1 ml směsi byl napipetován do 4 ml vialky a analyzován za stejných podmínek jako vzorky sýrů.

Kvalitativní stanovení bylo založeno na porovnání retenčních časů vzorků se standardy.

Pro kvantifikaci těkavých aromatických látek ze vzorku sýra byla zvolena metoda externího standardu neboli metoda absolutní kalibrace. Tato metoda srovnává odpovídající plochy píku analyzovaného vzorku a standardu o známých množstvích a za stejných podmínek.

### 3.2.6 Statistické zpracování výsledků

Výsledky instrumentální analýzy byly vyhodnoceny pomocí tabulkového procesoru Excel 2003.

Na základě známé koncentrace standardů byly vypočítány koncentrace aromatických látek ve vzorcích sýrů podle vztahu:

$$c = \frac{c_s \cdot A}{A_s} \quad (3.1)$$

kde  $c$  a  $A$  jsou koncentrace a plocha píku analyzované látky a  $c_s$  a  $A_s$  jsou koncentrace a plocha píku standardu.

Střední hodnota a rozptyl patří mezi základní statistické charakteristiky jakéhokoli typu rozdělení pravděpodobností. Tyto charakteristiky nemůžeme však experimentálně zjistit, můžeme je pouze na základě experimentálních měření odhadnout. Nejlepším odhadem střední hodnoty je aritmetický průměr  $\bar{x}$  :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.2)$$

kde  $n$  je počet analýz,  $x_i$  (pro  $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) jsou jednotlivé naměřené hodnoty [53, 54].

Rozdíl hodnoty výsledku a průměrné hodnoty střední hodnoty vyjadřuje směrodatná odchylka  $s$ :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.3)$$

kde  $n$  je počet analýz,  $x_i$  (pro  $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) jsou jednotlivé naměřené hodnoty a  $\bar{x}$  je aritmetický průměr.

Celkovou míru nepřesnosti měření zobrazuje interval spolehlivosti  $\mu$ .

$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha, v} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (3.4)$$

kde  $\bar{x}$  je aritmetický průměr,  $t_{\alpha, v}$  je studentův tabelovaný koeficient ( $\alpha$  je hladina významnosti, udává pravděpodobnost s jakou se odhadovaný populační parametr  $\mu$  neocitne v intervalu spolehlivosti při opakovaném provádění výběru,  $v$  je počet stupňů volnosti, udává počet nezávislých hodnot),  $s$  je směrodatná odchylka a  $n$  je počet hodnot  $x$ . [54]

### 3.3 Senzorická analýza

#### 3.3.1 Vzorky

Pro senzorickou analýzu byly použity stejné tavené sýrové analogy jako pro SPME-GC.

Označení vzorků:

- A – tavený sýrový analog vyrobený z másla
- B – tavený sýrový analog vyrobený ze slunečnicového oleje
- C – tavený sýrový analog vyrobený z kokosového tuku
- D – tavený sýrový analog vyrobený z koncentrovaného mléčného tuku
- E – tavený sýrový analog vyrobený z palmového tuku

#### 3.3.2 Hodnocení organoleptických vlastností sýrů

Senzorické hodnocení probíhalo současně s analýzou SPME – GC.

Každý vzorek sýra byl rozdělen na šest částí (jeden dílek ~10g) a jednotlivé dílky byly rozděleny do kódem označených plastových kelímků (příloha č. 8.3). Jako neutralizátor chuti bylo použito bílé pečivo.

Hodnotitelé byli vybráni z řad zaměstnanců a studentů pátého ročníku, kteří absolvovali seminář senzorické analýzy. Celkem hodnotilo 30 posuzovatelů.

Hodnocení se skládalo z pořadové zkoušky, hodnocení pomocí stupnice a profilového testu. U pořadové zkoušky měli hodnotitelé za úkol seřadit sýrové analogy podle svých preferencí, při hodnocení pomocí stupnice bylo úkolem pomocí stupnice hedonického typu ohodnotit kategorie chuť a vůně, konzistence, vzhled a barva, lesk, přítomnost cizí nečistě příchuti a nakonec sýrový analog celkově ohodnotit. Stupnice s podrobným popisem je

uvedena v příloze č. 8.4. V profilovém testu měli hodnotitelé určit intenzitní profil chuti sýra a pomocí stupnice určit intenzitu žluklé, olejovité chuti a příjemné či nepříjemné cizí pachuti.

Protokol pro senzorické hodnocení analogů tavených sýrů je uveden v příloze č. 8.4.

### **3.3.3 Statistické zpracování výsledků**

Záznamy senzorického hodnocení byly zpracovány pomocí programu Excel 2003.

Výsledky senzorické analýzy byly vyhodnoceny pomocí statistického programu STATVYD verze 2.0 beta.

Pořadová zkouška byla statisticky vyhodnocena pomocí Freidmannova testu. Hodnocení pomocí stupnice a profilový test byly podpořeny Kruskall-Wallisovým testem, který je vhodnou metodou ke srovnání senzorického znaku u více než dvou výrobků. Slouží k ověření zda, popř. mezi kterými vzorky, je v určitém znaku rozdíl.

Veškeré statistické testování bylo provedeno na hladině statistické významnosti  $\alpha = 0,05$ .

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 4.1 Stanovení aromatických látek pomocí SPME-GC

Aromatické látky vznikající během výroby tavených sýrových analogů byly izolovány technikou mikroextrakce pevnou fází a poté vyextrahované látky detekovány plynovou chromatografií.

Analýze byla podrobena jedna výrobní šarže. Od každého druhu taveného sýrového analogu byly vybrány čtyři vzorky a každý z nich byl analyzován čtyřikrát. Aby se omezily změny v obsahu aromatických látek, byly vzorky uchovávány v chladničce.

Podmínky stanovení byly voleny obdobně jako v předchozích diplomových pracích [52, 53] a jsou uvedeny v kapitolách 3.2.3 a 3.2.4.

#### 4.1.1 Identifikace a kvantifikace aromatických látek

Vyextrahované aromaticky aktivní látky byly identifikovány porovnáním jejich retenčních časů s retenčními časy proměřených standardů. Seznam použitých standardů je uveden v tabulce 4.1. V tabulce jsou také uvedeny retenční časy, koncentrace a plochy píků.

Jelikož na SPME vlákne dochází ke kompetitivním efektům, byly standardy proměřovány v sadách, čímž byl tento jev alespoň částečně zahrnut a tím se zmenšila celková nepřesnost měření. V diplomové práci Lazárkové [55] jsou uvedeny rozdíly mezi koncentracemi standardů stanovených ve směsi a samostatně při stejných podmínkách SPME-GC analýzy.

Měření bylo prováděno vždy čtyřikrát z každého sýra, byla vypočítána směrodatná odchylka a interval spolehlivosti. V tavených sýrových analogích bylo identifikováno celkem 32 aromatických látek, z toho 7 aldehydů, 13 alkoholů, 2 estery, 5 ketonů a 5 kyselin.

Kvantifikace aromatických látek byla provedena na základě porovnání plochy píku stanovované látky s plochou píku standardu o známé koncentraci za stejných extrakčních a chromatografických podmínek a při stejných množstvích. Obsah aromatických látek ve vzorku se stanovil podle vztahu 3.1.

Vypočítané koncentrace aromaticky aktivních látek jsou uvedeny v  $\mu\text{g.g}^{-1}$  sýra (nebo 100% tuku). Stanovená množství identifikovaných aromatických látek jsou uvedena ve formě intervalového odhadu střední hodnoty v tabulkách 4.2 a 4.3. Ukázky chromatogramů jsou uvedeny v přílohách 8.5 až 8.14.

Tabulka 4.1: Přehled standardů použitých k identifikaci aromaticky aktivních látek

| retenční čas (min.) | standard        | koncentrace ( $\mu\text{g.ml}^{-1}$ ) | plocha píku |
|---------------------|-----------------|---------------------------------------|-------------|
| 3,600               | kys. kapronová  | 111,28                                | 11774780    |
| 3,625               | acetaldehyd     | 903,32                                | 28190520    |
| 3,632               | butan-2,3-diol  | 451,35                                | 21878150    |
| 4,318               | propionaldehyd  | 307,30                                | 35419470    |
| 4,615               | aceton          | 591,64                                | 34314090    |
| 4,705               | methylacetát    | 316,09                                | 45125680    |
| 5,483               | ethylacetát     | 179,96                                | 80331420    |
| 5,680               | methanol        | 551,89                                | 4012585     |
| 5,755               | terc. butanol   | 3687,80                               | 70778320    |
| 5,973               | isovaleraldehyd | 78,87                                 | 40596420    |
| 6,218               | isopropanol     | 618,91                                | 8066904     |



|        |                     |          |          |
|--------|---------------------|----------|----------|
| 6,405  | etanol              | 354,88   | 18297210 |
| 7,037  | propylacetát        | 4,22     | 32061970 |
| 7,083  | diacetyl            | 425,52   | 40880340 |
| 7,160  | methylpropylketon   | 4,53     | 46121350 |
| 7,755  | methylisobutylketon | 9,60     | 28848110 |
| 8,243  | sek. butanol        | 321,73   | 44745870 |
| 8,372  | ethylbutyrát        | 3,52     | 57788530 |
| 8,545  | propanol            | 183,63   | 18259340 |
| 9,238  | butylacetát         | 4,22     | 51562640 |
| 9,448  | kapronaldehyd       | 2,49     | 22626460 |
| 9,457  | hexanal             | 5,81     | 42218780 |
| 9,887  | isobutanol          | 193,12   | 15897420 |
| 10,730 | pentan-2-ol         | 324,07   | 61789430 |
| 11,282 | butanol             | 40,39    | 19623330 |
| 12,002 | heptaldehyd         | 1,62     | 30248710 |
| 12,343 | heptan-2-on         | 0,03     | 20375000 |
| 12,935 | isoamylalkohol      | 267,02   | 46504200 |
| 14,025 | n-amylalkohol       | 8,10     | 34070580 |
| 15,142 | acetoin             | 8774,28  | 21965320 |
| 15,745 | heptan-2-ol         | 4,92     | 45013520 |
| 16,630 | hexan-1-ol          | 6,31     | 24972230 |
| 17,563 | nonan-2-on          | 1,66     | 39641960 |
| 18,202 | oktan-2-ol          | 0,14     | 3127775  |
| 18,580 | ethylkaprylát       | 3,26     | 79681620 |
| 18,937 | kys. octová         | 5962,00  | 45012720 |
| 18,965 | okt-1-en-3-ol       | 3,01     | 26227800 |
| 20,712 | nonan-2-ol          | 1,66     | 53962540 |
| 21,113 | benzaldehyd         | 1,05     | 20169750 |
| 21,182 | kys. propionová     | 731,99   | 19258210 |
| 21,655 | n-oktanol           | 3,09     | 29027120 |
| 21,827 | kys. isomáselná     | 698,00   | 42819700 |
| 22,612 | undekan-2-on        | 0,85     | 15022600 |
| 23,278 | kys. máselná        | 664,93   | 45172320 |
| 23,368 | ethylkaprinát       | 3,44     | 31554610 |
| 23,885 | fenylacetaldehyd    | 1840,00  | 94320750 |
| 24,215 | kys. isovalerová    | 511,22   | 17316870 |
| 26,220 | dekan-1-ol          | 3,48     | 19740130 |
| 27,578 | fenylethanol        | 4,04     | 22526320 |
| 28,043 | kys. mléčná         | 0,60     | 30897210 |
| 28,960 | benzylalkohol       | 314,68   | 43916650 |
| 32,285 | kys. kaprylová      | 27,12    | 33021860 |
| 36,905 | kys. kaprinová      | 10000,00 | 18691970 |

Tabulka 4.2: Obsah aromaticky aktivních látek v tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů

| Sloučenina                 | c (μg · g <sup>-1</sup> )        |                                  |                                    |                                  |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                            | palmový tuk                      | kokosový tuk                     | máslo                              | koncentrovaný mléčný tuk         | slunečnicový olej                |
| kys. kapronová             | 212,57 ± 37,98                   | 439,45 ± 55,55                   | -                                  | -                                | -                                |
| acetaldehyd                | -                                | -                                | 712,22 ± 6,88                      | -                                | 482,43 ± 94,37                   |
| butan-2,3-diol             | -                                | -                                | -                                  | 799,89 ± 87,47                   | -                                |
| aceton                     | 1,31 ± 0,09                      | -                                | 24,56 ± 1,62                       | 1,46 ± 0,25                      | 1,40 ± 0,29                      |
| ethylacetát                | -                                | -                                | 0,71 ± 0,26                        | -                                | -                                |
| methanol                   | 18,85 ± 2,67                     | 17,82 ± 0,88                     | 78,63 ± 2,75                       | 25,49 ± 0,58                     | -                                |
| terc. butanol              | -                                | -                                | -                                  | -                                | 3,48 ± 0,00                      |
| ethanol                    | 26,07 ± 1,06                     | 52,17 ± 0,10                     | 21,91 ± 1,53                       | 45,19 ± 5,69                     | 25,09 ± 0,69                     |
| methylpropylketon          | -                                | -                                | (7,3 ± 0,40) · 10 <sup>-3</sup>    | -                                | (6,55 ± 0,92) · 10 <sup>-3</sup> |
| metylisobutylketon         | 0,02 ± 0,00                      | 0,02 ± 0,00                      | 0,04 ± 0,01                        | 0,04 ± 0,00                      | -                                |
| ethylbutyrát               | (3,67 ± 0,09) · 10 <sup>-3</sup> | (3,44 ± 0,00) · 10 <sup>-3</sup> | (13,11 ± 3,00) · 10 <sup>-3</sup>  | (9,93 ± 2,18) · 10 <sup>-3</sup> | -                                |
| hexanal                    | 0,02 ± 0,00                      | -                                | -                                  | 0,02 ± 0,00                      | 0,02 ± 0,00                      |
| isobutanol                 | -                                | -                                | -                                  | 0,63 ± 0,01                      | -                                |
| pentan-2-ol                | -                                | -                                | -                                  | 0,43 ± 0,02                      | -                                |
| butanol                    | -                                | -                                | 0,18 ± 0,06                        | 0,17 ± 0,02                      | -                                |
| heptaldehyd                | -                                | (3,14 ± 0,44) · 10 <sup>-3</sup> | (62,43 ± 13,58) · 10 <sup>-3</sup> | -                                | -                                |
| heptan-2-on                | -                                | (0,42 ± 0,07) · 10 <sup>-3</sup> | -                                  | (0,12 ± 0,02) · 10 <sup>-3</sup> | -                                |
| n-amylalkohol              | 0,03 ± 0,00                      | 0,02 ± 0,00                      | -                                  | 0,03 ± 0,00                      | -                                |
| okt-1-en-3-ol              | 0,01 ± 0,00                      | 0,01 ± 0,00                      | -                                  | 0,03 ± 0,00                      | 0,02 ± 0,00                      |
| kys. propionová            | -                                | 2,17 ± 0,03                      | -                                  | 3,51 ± 0,30                      | -                                |
| undekan-2-on               | -                                | -                                | (5,35 ± 0,65) · 10 <sup>-3</sup>   | -                                | (3,22 ± 0,35) · 10 <sup>-3</sup> |
| ethylkaprinát              | -                                | -                                | (5,83 ± 0,29) · 10 <sup>-3</sup>   | -                                | -                                |
| fenylacetaldehyd           | -                                | -                                | 4,38 ± 0,18                        | -                                | -                                |
| dekan-1-ol                 | -                                | -                                | 0,01 ± 0,00                        | -                                | -                                |
| kys. mléčná                | -                                | (2,70 ± 0,01) · 10 <sup>-3</sup> | -                                  | -                                | -                                |
| benzylalkohol              | -                                | 1,17 ± 0,00                      | -                                  | -                                | -                                |
| kys. kaprylová             | -                                | 0,29 ± 0,03                      | -                                  | -                                | -                                |
| kys. kaprinová             | -                                | 26,13 ± 1,19                     | 71,11 ± 6,02                       | -                                | -                                |
| <b>celková koncentrace</b> | 258,88                           | 539,28                           | 913,99                             | 876,89                           | 512,44                           |

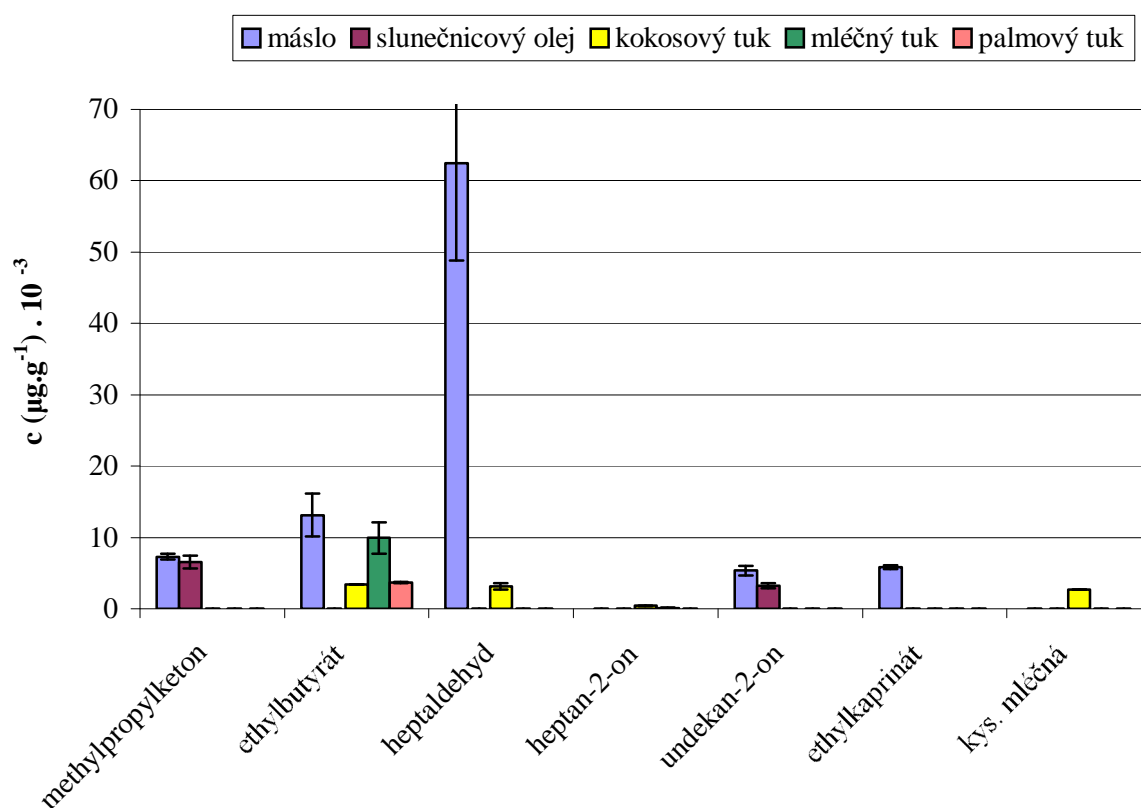
Tabulka 4.3: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků

| Sloučenina                 | c ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) |                                   |                                    |                                   |                                    |
|----------------------------|---|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|                            | palmový tuk                             | kokosový tuk                      | máslo                              | koncentrovaný mléčný tuk          | slunečnicový olej                  |
| kys. kapronová             | 85,39 $\pm$ 2,13                        | 166,13 $\pm$ 53,34                | -                                  | -                                 | -                                  |
| acetaldehyd                | -                                       | -                                 | 153,45 $\pm$ 23,37                 | -                                 | 77,04 $\pm$ 8,42                   |
| butan-2,3-diol             | -                                       | -                                 | -                                  | 368,13 $\pm$ 79,02                | -                                  |
| propionaldehyd             | -                                       | -                                 | -                                  | -                                 | 1,74 $\pm$ 0,46                    |
| aceton                     | 2,95 $\pm$ 0,22                         | 3,48 $\pm$ 0,46                   | 5,78 $\pm$ 0,44                    | 4,67 $\pm$ 0,72                   | 3,23 $\pm$ 0,77                    |
| methanol                   | 218,54 $\pm$ 10,38                      | 138,08 $\pm$ 10,19                | 282,56 $\pm$ 4,29                  | 181,38 $\pm$ 16,90                | -                                  |
| terc. butanol              | -                                       | -                                 | -                                  | -                                 | 76,88 $\pm$ 0,74                   |
| isovaleraldehyd            | 0,63 $\pm$ 0,04                         | 0,33 $\pm$ 0,04                   | 0,50 $\pm$ 0,02                    | 0,61 $\pm$ 0,03                   | 0,83 $\pm$ 0,04                    |
| isopropanol                | -                                       | -                                 | 5,12 $\pm$ 1,17                    | 5,09 $\pm$ 0,24                   | 6,64 $\pm$ 0,37                    |
| ethanol                    | 210,04 $\pm$ 6,35                       | 257,14 $\pm$ 7,05                 | 224,72 $\pm$ 20,62                 | 188,09 $\pm$ 9,93                 | 222,61 $\pm$ 3,75                  |
| methylpropylketon          | 0,03 $\pm$ 0,00                         | 0,01 $\pm$ 0,00                   | 0,04 $\pm$ 0,00                    | 0,03 $\pm$ 0,00                   | 0,06 $\pm$ 0,00                    |
| metylisobutylketon         | 0,02 $\pm$ 0,00                         | 0,02 $\pm$ 0,00                   | 0,04 $\pm$ 0,00                    | -                                 | -                                  |
| sek. butanol               | 10,47 $\pm$ 0,15                        | 10,00 $\pm$ 0,78                  | 12,23 $\pm$ 0,72                   | 8,73 $\pm$ 0,80                   | 11,15 $\pm$ 0,66                   |
| ethylbutyrát               | -                                       | (6,20 $\pm$ 0,43) $\cdot 10^{-3}$ | -                                  | -                                 | -                                  |
| propanol                   | 2,30 $\pm$ 0,14                         | 2,50 $\pm$ 0,22                   | 2,40 $\pm$ 0,34                    | 1,90 $\pm$ 0,70                   | 2,51 $\pm$ 0,16                    |
| kapronaldehyd              | (10,91 $\pm$ 0,73) $\cdot 10^{-3}$      | -                                 | (6,13 $\pm$ 0,00) $\cdot 10^{-3}$  | -                                 | (23,61 $\pm$ 4,47) $\cdot 10^{-3}$ |
| hexanal                    | 0,01 $\pm$ 0,00                         | 0,02 $\pm$ 0,00                   | -                                  | 0,01 $\pm$ 0,00                   | 0,02 $\pm$ 0,00                    |
| butanol                    | 0,15 $\pm$ 0,01                         | 0,29 $\pm$ 0,02                   | 0,57 $\pm$ 0,06                    | 0,41 $\pm$ 0,03                   | 0,46 $\pm$ 0,01                    |
| heptaldehyd                | (6,44 $\pm$ 0,31) $\cdot 10^{-3}$       | (8,93 $\pm$ 0,48) $\cdot 10^{-3}$ | (18,02 $\pm$ 0,21) $\cdot 10^{-3}$ | (6,10 $\pm$ 0,55) $\cdot 10^{-3}$ | (3,64 $\pm$ 0,43) $\cdot 10^{-3}$  |
| n-amylalkohol              | 0,03 $\pm$ 0,00                         | 0,05 $\pm$ 0,00                   | 0,03 $\pm$ 0,00                    | 0,02 $\pm$ 0,00                   | 0,07 $\pm$ 0,01                    |
| acetoin                    | 225,71 $\pm$ 17,70                      | 156,48 $\pm$ 4,28                 | 171,86 $\pm$ 30,28                 | 177,27 $\pm$ 15,49                | 188,90 $\pm$ 5,62                  |
| okt-1-en-3-ol              | 0,25 $\pm$ 0,00                         | 0,27 $\pm$ 0,01                   | 0,29 $\pm$ 0,02                    | 0,21 $\pm$ 0,03                   | 0,32 $\pm$ 0,02                    |
| nonan-2-ol                 | (2,67 $\pm$ 0,26) $\cdot 10^{-3}$       | -                                 | (2,89 $\pm$ 0,41) $\cdot 10^{-3}$  | -                                 | -                                  |
| n-oktanol                  | 0,04 $\pm$ 0,00                         | 0,04 $\pm$ 0,00                   | 0,05 $\pm$ 0,00                    | 0,03 $\pm$ 0,00                   | 0,05 $\pm$ 0,00                    |
| undekan-2-on               | 0,03 $\pm$ 0,00                         | 0,04 $\pm$ 0,00                   | 0,03 $\pm$ 0,00                    | 0,03 $\pm$ 0,00                   | 0,04 $\pm$ 0,00                    |
| kys. máselná               | 3,31 $\pm$ 0,35                         | 3,35 $\pm$ 0,21                   | -                                  | 2,82 $\pm$ 0,68                   | 3,88 $\pm$ 0,29                    |
| ethylkaprinát              | -                                       | -                                 | 0,03 $\pm$ 0,00                    | -                                 | -                                  |
| fenylacetaldehyd           | 2,84 $\pm$ 0,32                         | 4,08 $\pm$ 0,12                   | 2,58 $\pm$ 0,24                    | 3,75 $\pm$ 0,14                   | 3,27 $\pm$ 0,29                    |
| dekan-1-ol                 | 0,03 $\pm$ 0,00                         | 0,02 $\pm$ 0,01                   | 0,03 $\pm$ 0,00                    | 0,01 $\pm$ 0,00                   | 0,01 $\pm$ 0,00                    |
| kys. mléčná                | (4,01 $\pm$ 0,58) $\cdot 10^{-3}$       | (3,31 $\pm$ 0,07) $\cdot 10^{-3}$ | (5,39 $\pm$ 0,28) $\cdot 10^{-3}$  | (2,96 $\pm$ 0,38) $\cdot 10^{-3}$ | (3,87 $\pm$ 0,33) $\cdot 10^{-3}$  |
| kys. kaprylová             | 0,09 $\pm$ 0,01                         | 0,07 $\pm$ 0,00                   | 0,14 $\pm$ 0,00                    | 0,06 $\pm$ 0,00                   | 0,06 $\pm$ 0,00                    |
| kys. kaprinová             | 51,17 $\pm$ 17,16                       | -                                 | 63,35 $\pm$ 5,52                   | -                                 | -                                  |
| <b>celková koncentrace</b> | 814,04                                  | 742,43                            | 925,85                             | 943,28                            | 599,87                             |

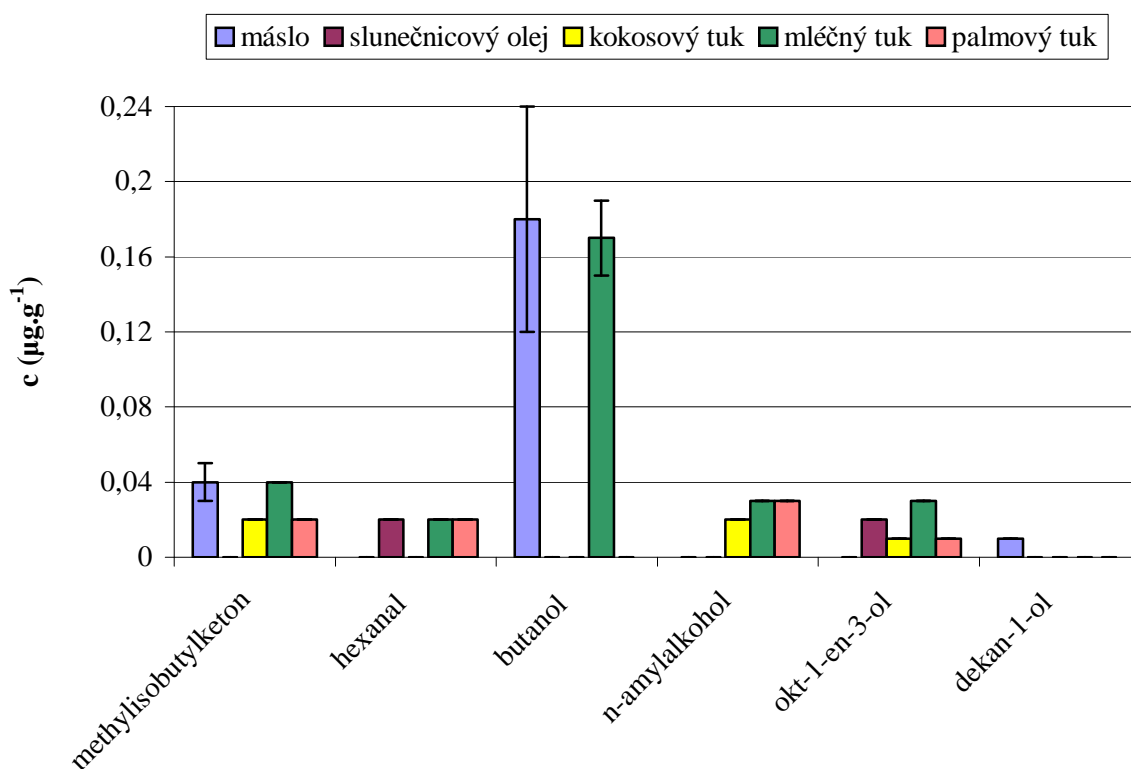
#### 4.1.2 Porovnání množství aromaticky aktivních látek

Aromaticky aktivní látky byly sledovány v různých druzích tuků: v másle, koncentrovaném mléčném tuku, palmovém tuku, kokosovém tuku a slunečnicovém oleji a v tavených sýrech vyrobených z těchto tuků.

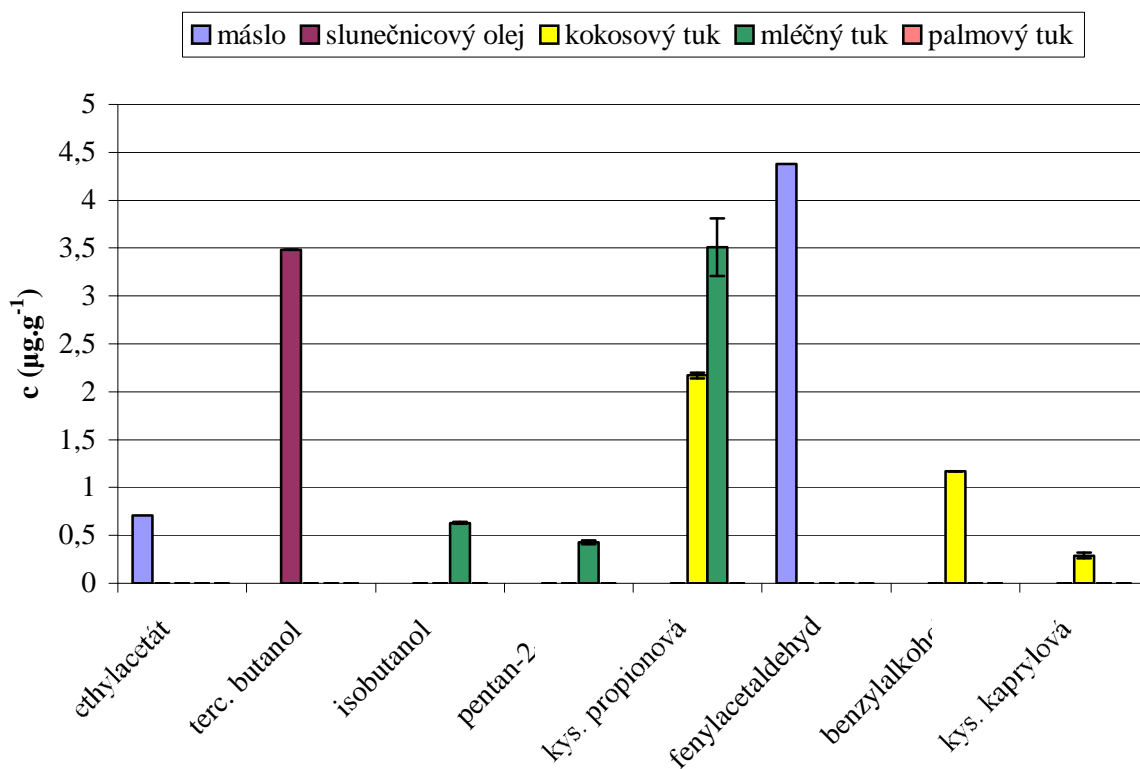
Vzhledem k tomu, že obsah různých sloučenin ve vzorcích se liší v rozsahu několika řádů, pro názornost byly zjištěné aromatické látky rozděleny podle koncentrace do následujících desíti grafů. V grafech 4.1 až 4.5 jsou znázorněny aromatické látky přítomné v 100% tucích. V grafu 4.1 jsou látky, jejichž obsah je nižší než  $70 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , v grafech 4.2 až 4.5 látky s obsahem do  $0,2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $4,5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  a  $800 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ . Aromatické látky přítomné v tavených sýrových analogích jsou zobrazeny v grafech 4.6 až 4.10. V grafu 4.6 jsou látky, jejichž obsah je nižší než  $25 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , v grafech 4.7 až 4.10 látky s obsahem do  $0,08 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $0,9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,  $14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  a  $400 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ .



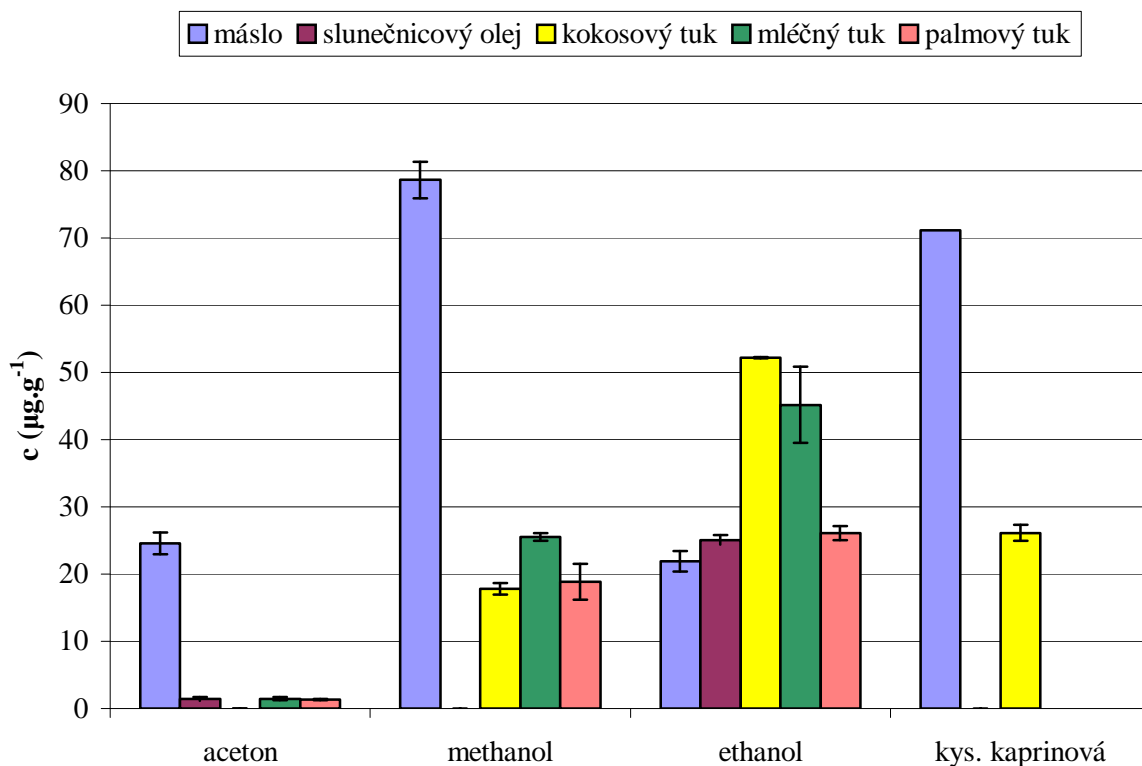
Graf 4.1: Obsah aromatických látek ve 100% tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů v koncentraci do  $70 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



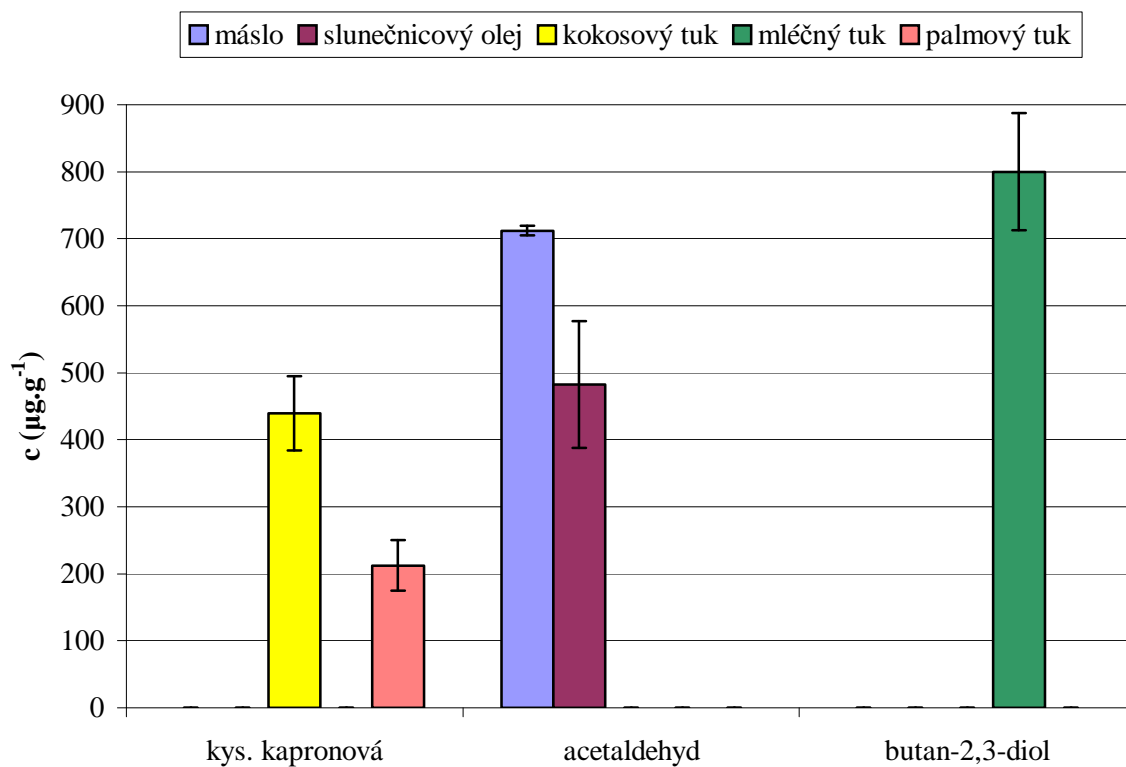
Graf 4.2: Obsah aromatických látek ve 100% tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů v koncentraci do  $0,2 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



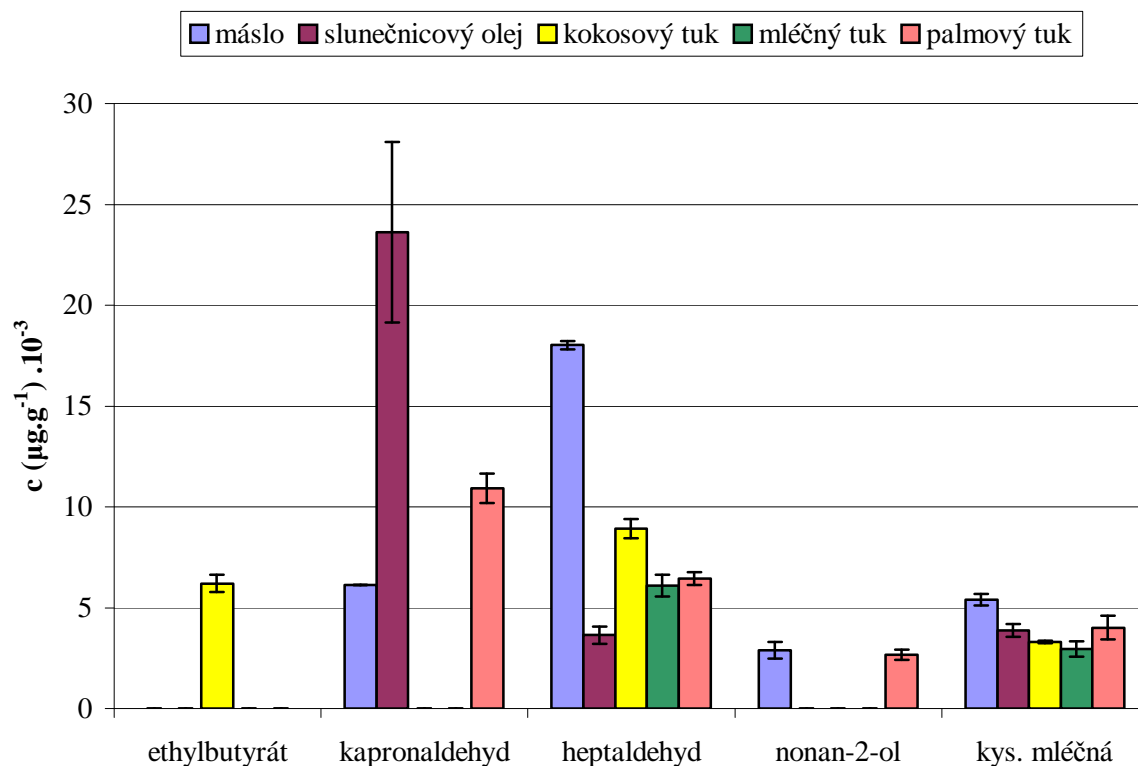
Graf 4.3: Obsah aromatických látek ve 100% tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů v koncentraci do  $4,5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



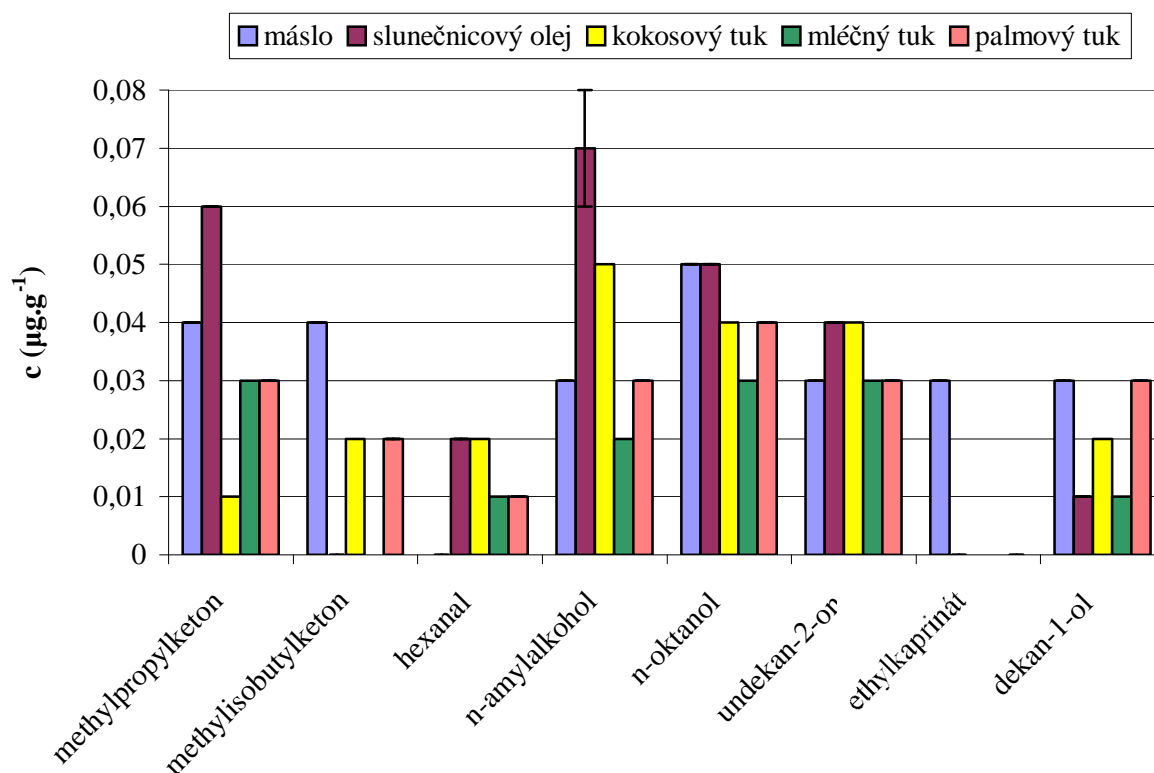
Graf 4.4: Obsah aromatických látek ve 100% tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů v koncentraci do  $80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



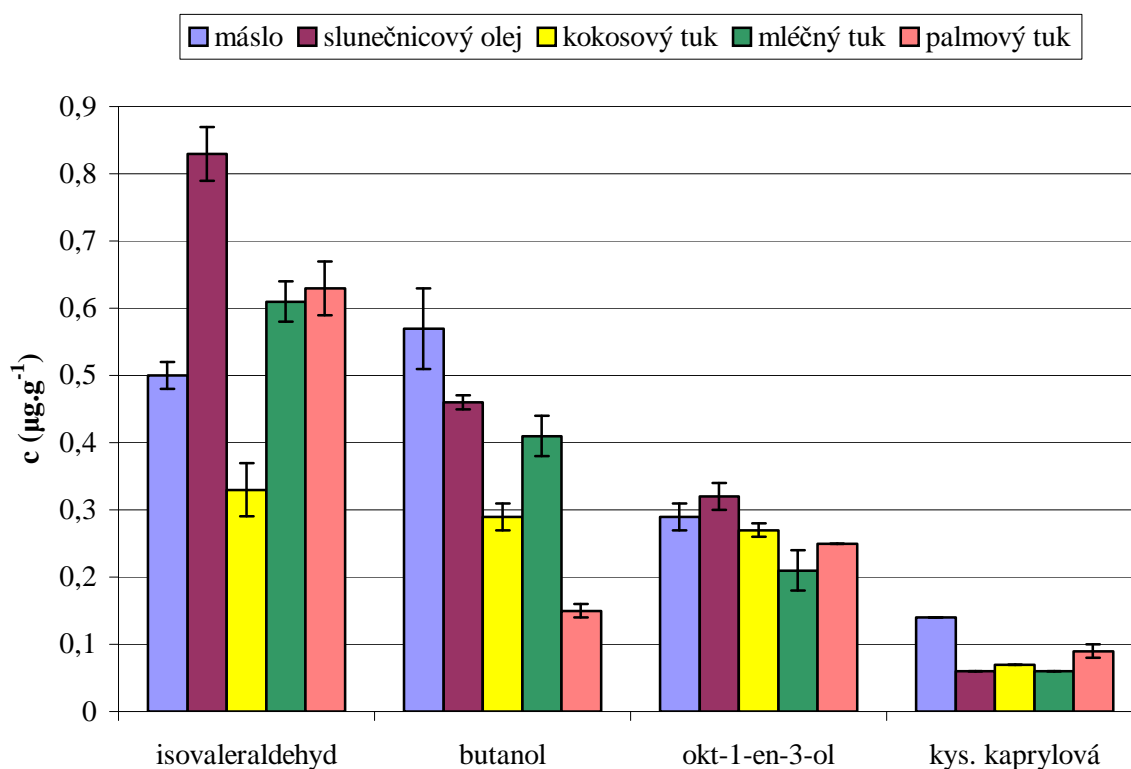
Graf 4.5: Obsah aromatických látek ve 100% tucích použitých pro výrobu tavených sýrových analogů v koncentraci do  $800 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



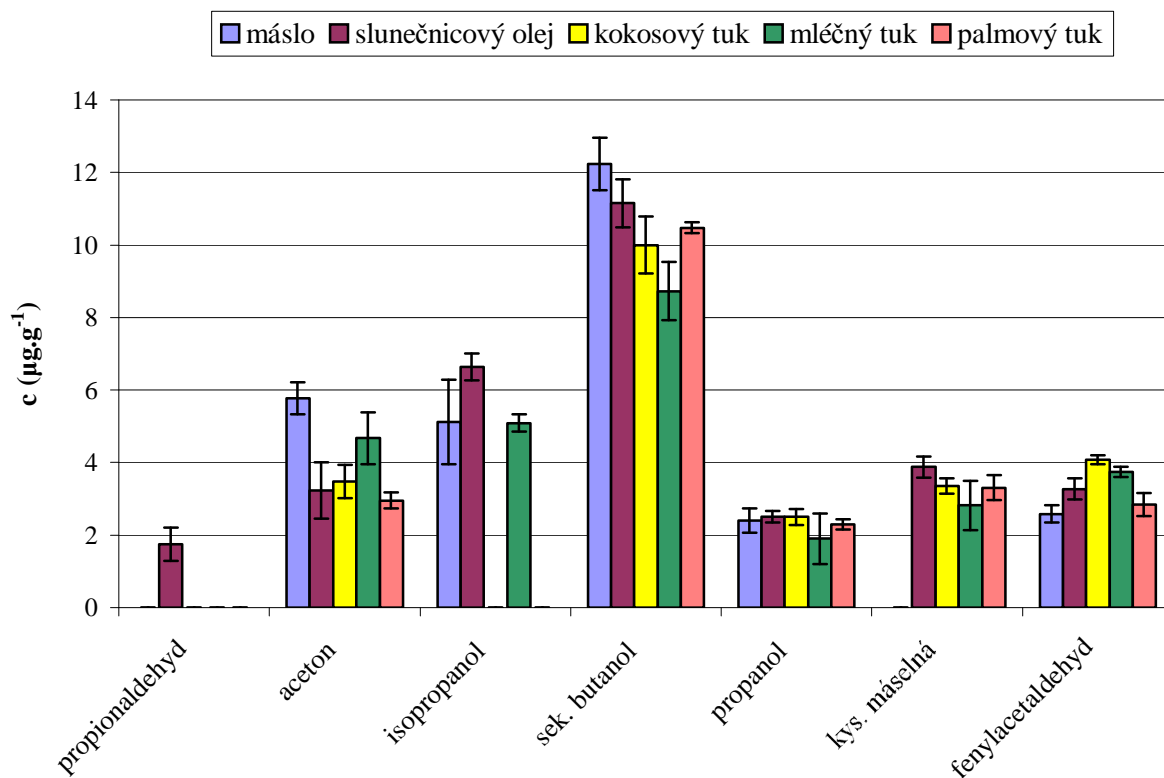
Graf 4.6: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků v koncentraci do  $25 \cdot 10^{-3} \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



Graf 4.7: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků v koncentraci do  $0,08 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

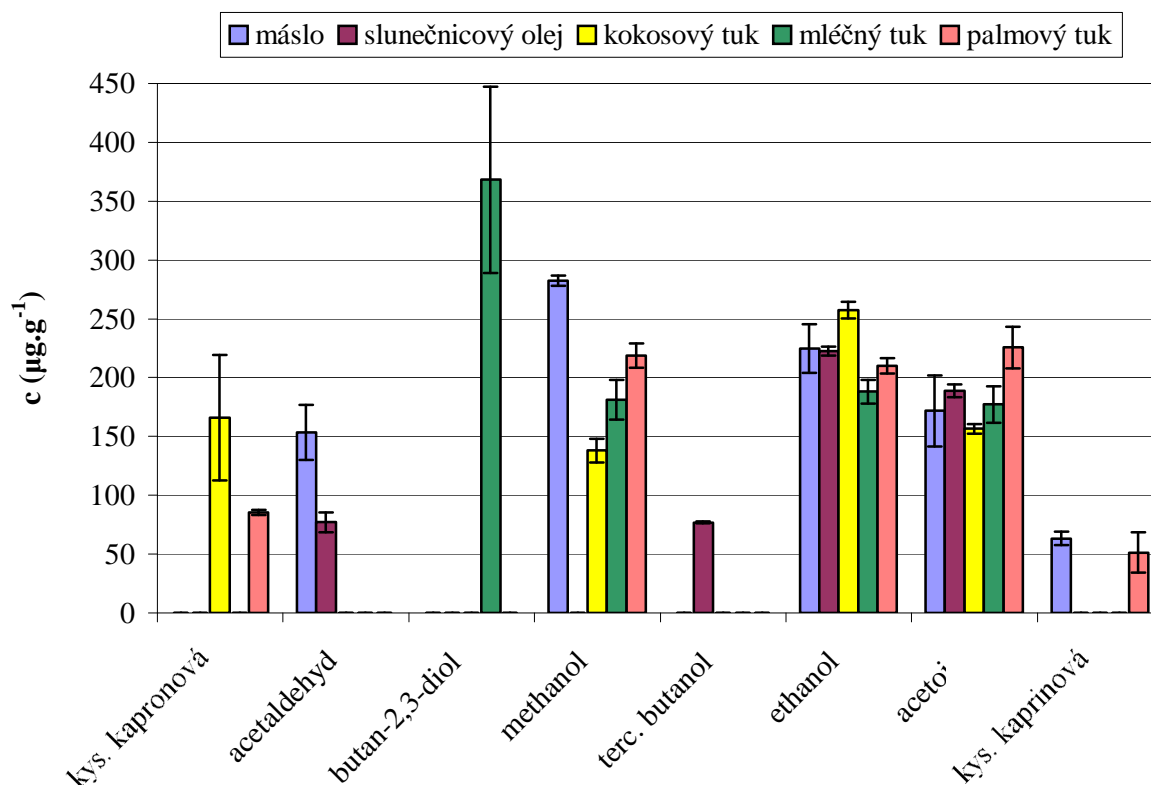


Graf 4.8: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků v koncentraci do  $0,9 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$



Graf 4.9: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků v koncentraci do  $14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$





Graf 4.10: Obsah aromaticky aktivních látek v analozích tavených sýrů vyrobených z různých druhů tuků v koncentraci do  $400 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$

Po prostudování grafů 4.1 až 4.5 a tabulky 4.2 zjistíme, že jednotlivé tuky se liší v druhu a množství aromatických látek. Nejvíce aromatických látek bylo identifikováno v másle (15), jen o jednu méně v kokosovém a mléčném tuku. V palmovém tuku a slunečnicovém oleji bylo identifikováno pouze 9 a 8 aromatických látek. Největší množství aromatických látek (AL) obsahovalo máslo ( $914 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), jen o něco méně měl mléčný tuk ( $877 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Slunečnicový olej a kokosový tuk obsahovaly přibližně stejné množství ( $512 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$  a  $539 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), nejméně měl opět palmový tuk a to pouze  $259 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ . Celkové množství aromatických látek v jednotlivých tucích je znázorněno v grafu 4. 16.

Dominantní AL palmového a kokosového tuku byla kyselina kapronová, u másla a slunečnicového oleje acetaldehyd a u mléčného tuku butan-2,3-diol.

AL můžeme rozdělit podle toho, zda jsou přítomny ve všech tucích nebo jsou specifické pro daný tuk. Jedinou AL identifikovanou u všech tuků byl ethanol. Mezi AL, které jsou specifické pro daný tuk patří kys. mléčná, kaprylová a benzylalkohol u kokosového tuku, ethylacetát, undekan-2-on, ethylkaprinát, fenylacetaldehyd a dekan-1-ol u másla, butan-2,3-diol, isobutanol a pentan-2-ol u mléčného tuku a terc. butanol u slunečnicového oleje. Kromě butan-2,3-diolu se tyto AL vyskytují jen v malých, téměř zanedbatelných koncentracích.

Z grafů 4.6 až 4.10 a tabulky 4.3 je patrné, že v jednotlivých sýrech byl identifikován přibližně stejný počet AL. Nejvíce jich bylo identifikováno v analozích z palmového tuku a másla (25), dále ze slunečnicového oleje (24), kokosového tuku (23) a nejméně v sýru z koncentrovaného mléčného tuku (22). I rozdíly v celkové koncentraci mezi sýry nejsou tak výrazné jako u 100% tuků (graf 4. 16). Nejvyšší koncentraci měl sýr z mléčného tuku

(943  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), dále pak sýr z másla (926  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), palmového tuku (814  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), kokosového tuku (842  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejméně sýr ze slunečnicového oleje (600  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Všechny sýrové analogy obsahovaly aceton, isovaleraldehyd, ethanol, methypropylketon, sek. butanol, propanol, butanol, heptaldehyd, n-amylalkohol, acetoin, okt-1-en-3-ol, n-oktanol, undekan-2-on, fenylacetaldehyd, dekan-1-ol, kyselinu mléčnou a kaprylovou. Tyto látky měly nejspíše původ v sýru (cihla Kroměříž), který tvořil základ tavených sýrových analogů.

Mezi AL, které jsou specifické pro tavený sýrový analog vyrobený z určitého tuku, patří butan-2,3-diol pro mléčný tuk, propionaldehyd a terc. butanol pro slunečnicový olej, ethylbutyrát pro kokosový tuk a ethylkaprinát u másla.

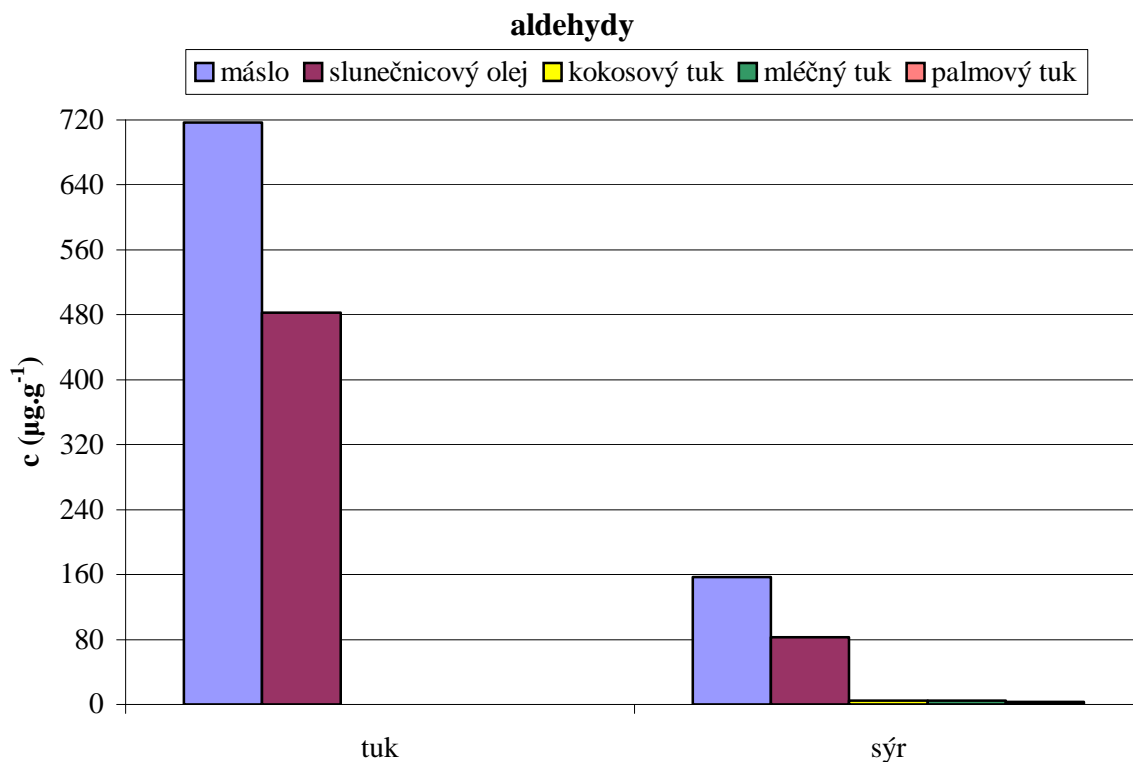
Ve významném množství byly ve všech analogiích zastoupeny ethanol a acetoin, kromě sýra ze slunečnicového oleje také methanol, u analogu z kokosového tuku navíc kys. kapronová, u analogu z másla acetaldehyd a analogu z mléčného tuku butan-2,3-diol.

#### 4.1.3 Porovnání množství jednotlivých skupin aromatických látek

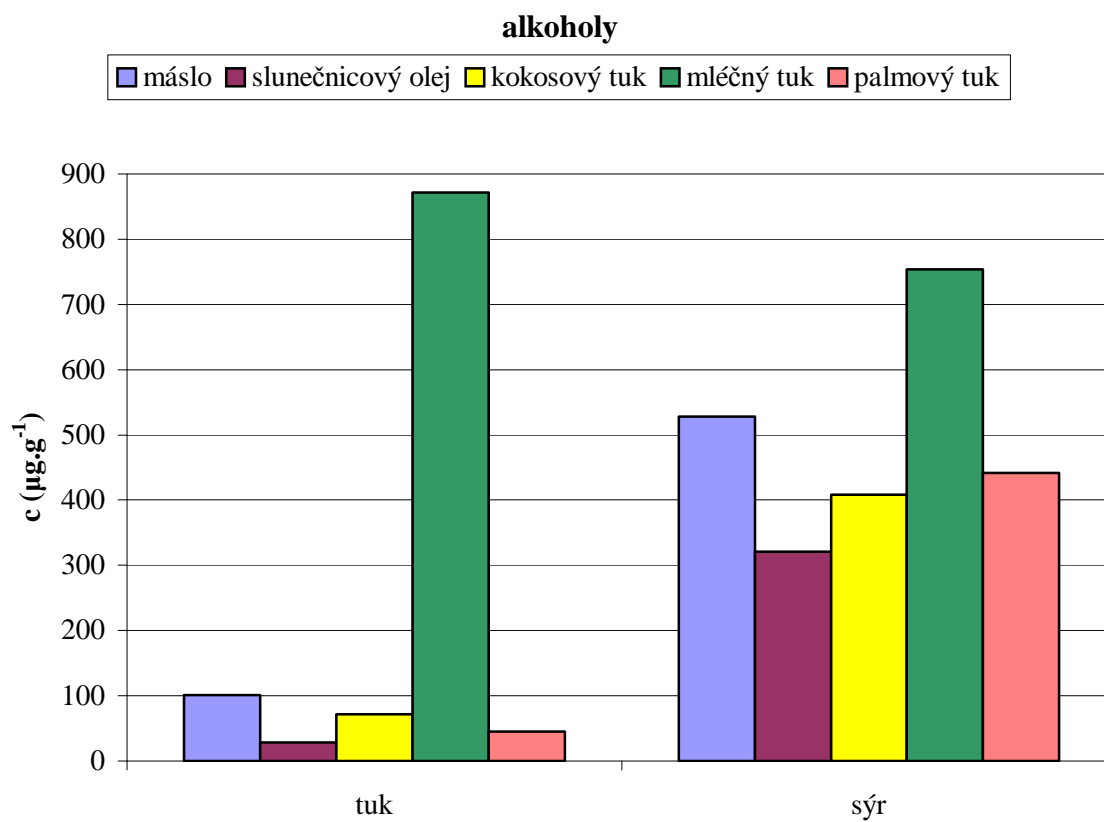
Koncentrace jednotlivých skupin aromatických látek v 100% tucích a analogiích z nich vyrobených jsou uvedeny v tabulce 4.4 a znázorněny v grafech 4.11 až 4.15.

*Tabulka 4.4: Obsah aromatických látek obsažených v 100% tucích a tavených sýrových analogiích, rozdělených do skupin*

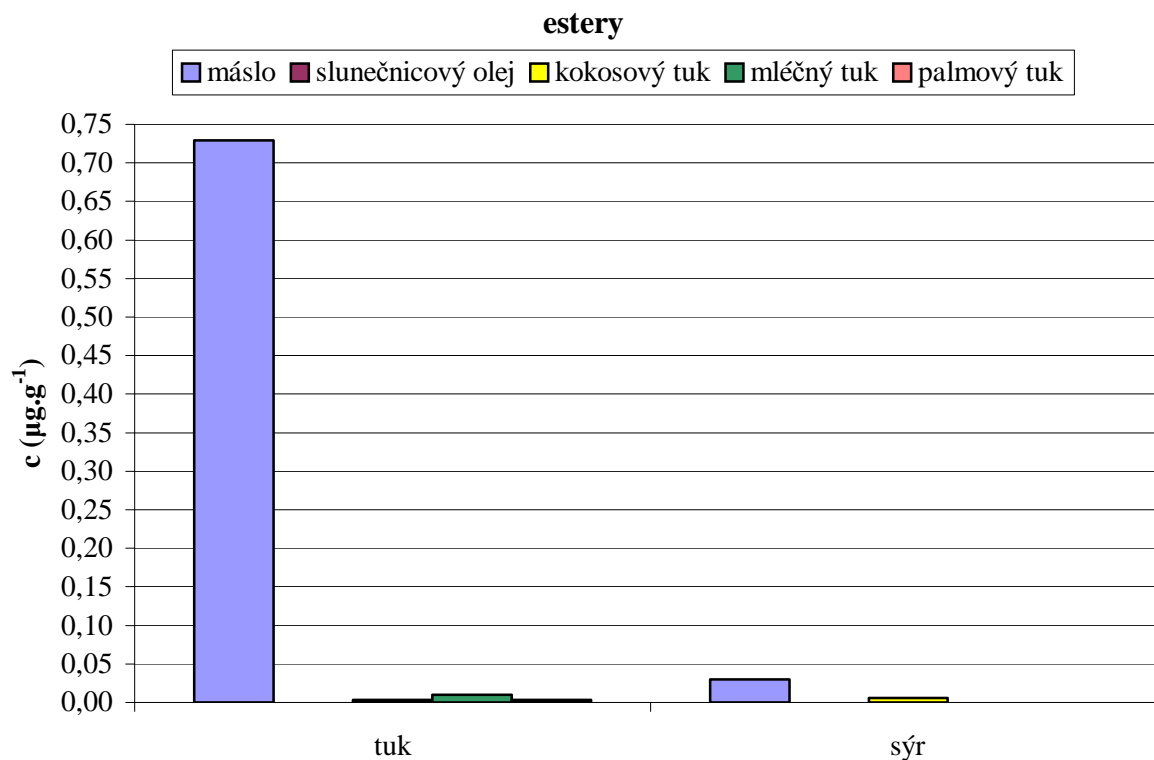
|             | c ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) |              |         |                          |                   |
|-------------|---|--------------|---------|--------------------------|-------------------|
|             | palmový tuk                             | kokosový tuk | máslo   | koncentrovaný mléčný tuk | slunečnicový olej |
| <b>tuky</b> |   |              |         |                          |                   |
| aldehydy    | 0,020                                   | 0,003        | 716,662 | 0,020                    | 482,450           |
| alkoholy    | 44,960                                  | 71,190       | 100,730 | 871,860                  | 28,590            |
| estery      | 0,004                                   | 0,003        | 0,729   | 0,010                    | 0,000             |
| ketony      | 1,330                                   | 0,020        | 24,613  | 1,500                    | 1,410             |
| kyseliny    | 212,570                                 | 468,043      | 71,110  | 3,510                    | 0,000             |
| <b>sýry</b> |   |              |         |                          |                   |
| aldehydy    | 3,497                                   | 4,439        | 156,554 | 4,376                    | 82,927            |
| alkoholy    | 441,853                                 | 408,390      | 528,003 | 754,000                  | 320,700           |
| estery      | 0,000                                   | 0,006        | 0,030   | 0,000                    | 0,000             |
| ketony      | 228,740                                 | 160,030      | 177,750 | 182,000                  | 192,230           |
| kyseliny    | 139,964                                 | 169,553      | 63,495  | 2,883                    | 3,944             |



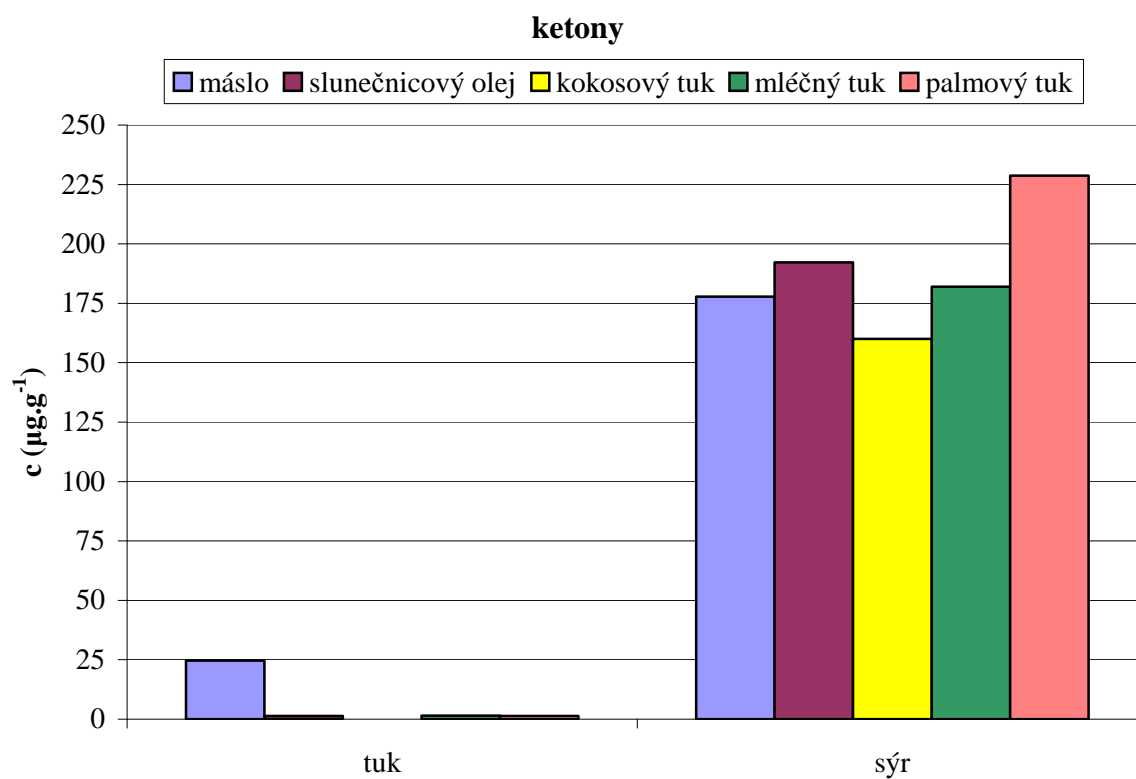
Graf 4.11: Celkové množství aldehydů v 100% tucích a tavených sýrových analozích



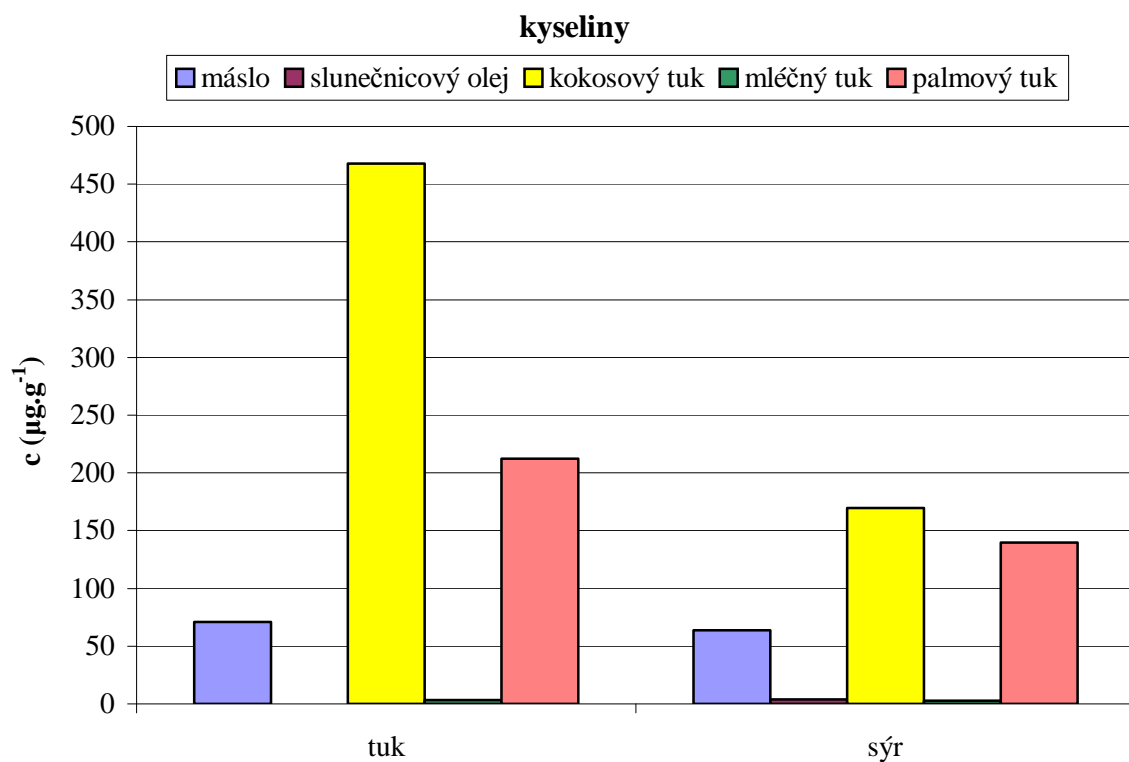
Graf 4.12: Celkové množství alkoholů v 100% tucích a tavených sýrových analozích



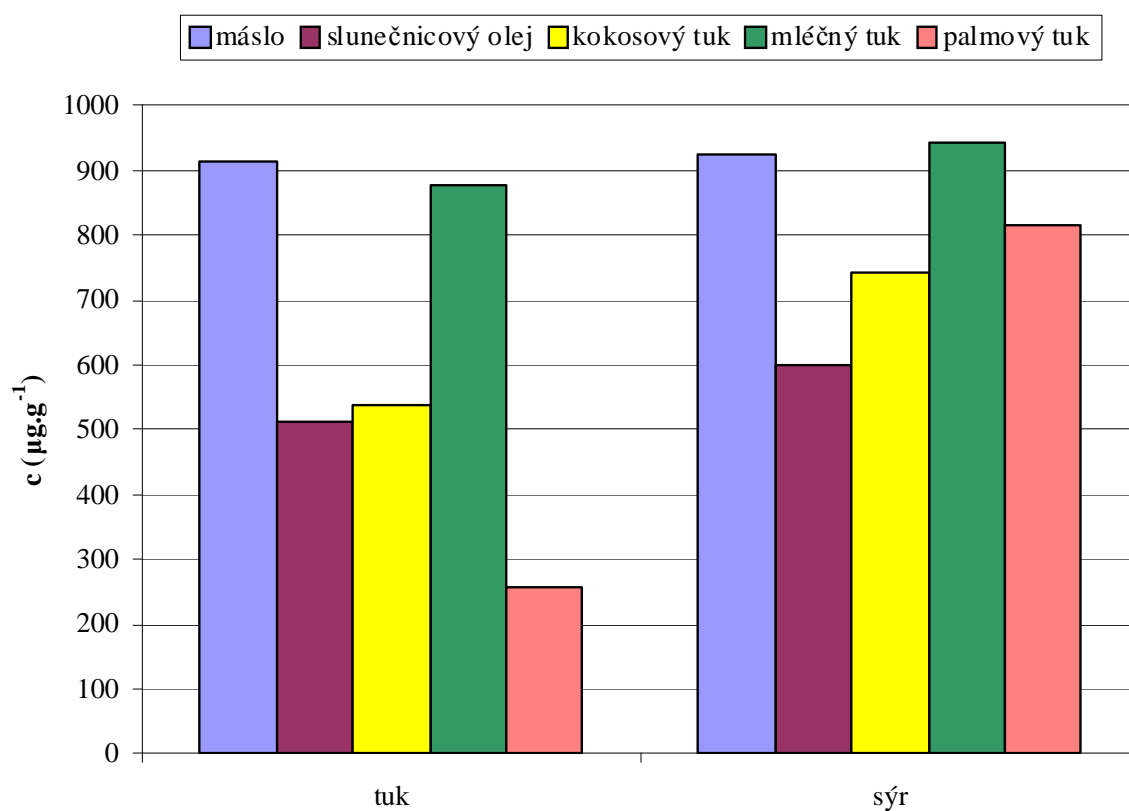
Graf 4.13: Celkové množství esterů v 100% tucích a tavených sýrových analozích



Graf 4.14: Celkové množství ketonů v 100% tucích a tavených sýrových analozích



Graf 4.15: Celkové množství kyselin v 100% tucích a tavených sýrových analozích



Graf 4.16: Celkové množství aromatických látek v 100% tucích a tavených sýrových analozích

Z grafu 4.11 je viditelné, že nejvíce aldehydů obsahovaly máslo a slunečnicový olej a sýry z nich vyrobené. Palmový, kokosový a mléčný tuk měly téměř nulovou koncentraci. Nižší obsah aldehydů u sýrů z másla a slunečnicového oleje než u příslušných tuků byl dán poklesem koncentrace acetaldehydu.

Nejvyšší koncentraci alkoholů obsahovalo máslo a nejméně pak slunečnicový olej, stejně tomu bylo i u sýrů. Nižší obsah alkoholů u sýru z másla než u másla samotného byl dán poklesem butan-2,3-diolu, který klesl z koncentrace  $800 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  na  $153 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ .

Ze všech skupin AL byly nejméně v tucích i sýrech zastoupeny estery. Nejvyšší koncentraci obsahovalo máslo. Tato koncentrace byla tvořena především ethylacetátem. Sýr z másla již tento ester neobsahoval.

Nejvyšší koncentraci ketonů u tuků mělo opět máslo, ale u sýrů to byl sýr z palmového tuku. Při srovnání obsahu ketonů u tuků a sýrů došlo k výraznému nárůstu, což bylo nejspíše dáno vysokým obsahem ketonů v sýru (eidamské cihle), který tvořil základ všech tavených sýrových analogů.

Nejvíce kyselin obsahoval kokosový tuk, naproti tomu slunečnicový olej neobsahoval žádné kyseliny. Ze sýrů měl nejvyšší koncentraci kyselin kokosový tuk a nejmenší sýr z mléčného tuku a slunečnicového oleje. Menší obsah kyselin u sýru z kokosu než u kokosového tuku byl způsoben poklesem koncentrace kyseliny kapronové.

Závěrem lze říci, že během tavení dochází ke ztrátám aromaticky aktivních látek. Na zastoupení aromatických látek v sýrech se tedy podílí pouze látky, které jsou v tucích přítomny ve vysokých koncentracích.

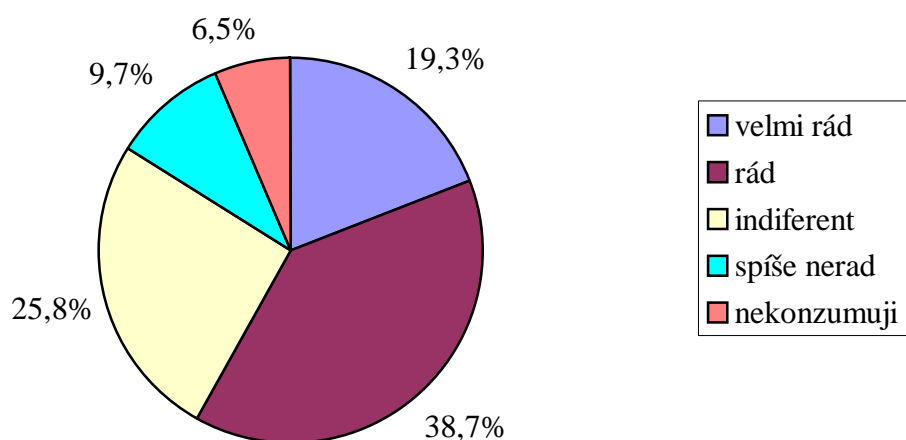
## 4.2 Senzorická analýza

Senzorické hodnocení sýrových analogů probíhalo současně s instrumentální analýzou SPME-GC. Hodnocení se skládalo z pořadové zkoušky, hodnocení pomocí stupnice a profilového testu. Protokol pro senzorické hodnocení je uveden v příloze č. 3.3.

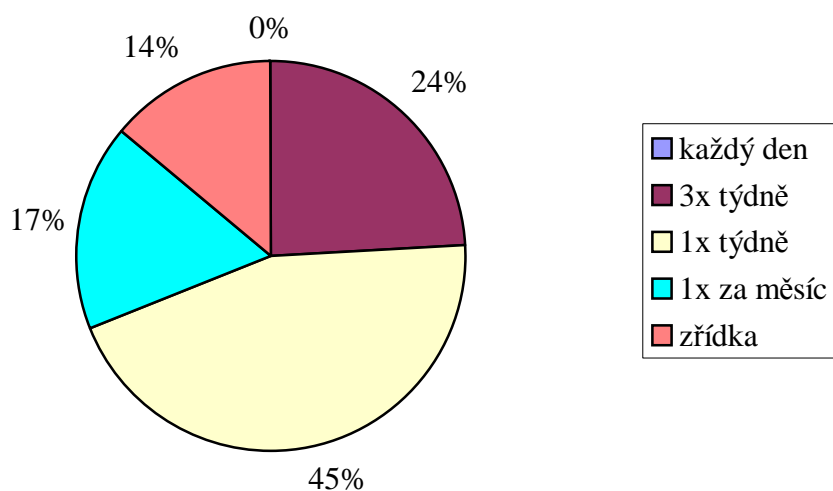
Vzorky analogů sýrů hodnotilo celkem 30 hodnotitelů, z nichž většina má tavené sýry ráda nebo jsou indiferentní, pouze dva hodnotitelé tavené sýry vůbec nekonzumují. Většina hodnotitelů konzumuje tavené sýry 1x týdně, ale žádný je nekonzumuje každý den. Stanovisko posuzovatelů k taveným sýrům před ochutnáváním je znázorněno v grafech 4.17 a 4.18.

V senzorické analýze, stejně jako u instrumentální analýzy, byl hodnocen vliv přídavku různých druhů tuků na senzorickou jakost sýrových analogů.

Výsledky jsou znázorněny graficky pomocí sloupcových a hvězdicovitých grafů, kdy na ose y je vyneseno součet pořadí, stupnice vždy byla volena tak, že sýr s nejnižším součtem pořadí je nejlepší. Pro zjištění statisticky významného rozdílu byl použit program STATVYD verze 2.0 beta. Statisticky významné rozdíly mezi vzorky byly počítány s 95% pravděpodobností.



*Graf 4.17: Oblíbenost tavených sýrů u hodnotitelů*



*Graf 4.18: Četnost konzumace tavených sýrů hodnotiteli*

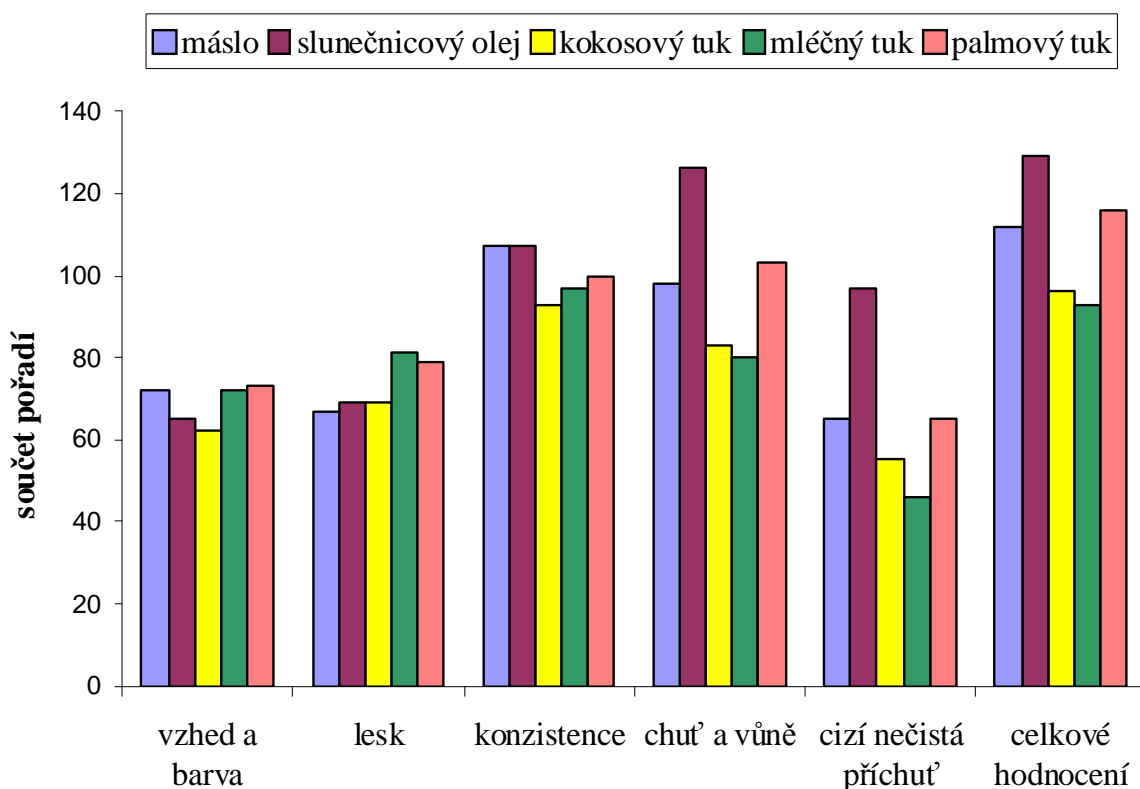
#### 4.2.1 Hodnocení pomocí stupnice

V testu hodnocení pomocí stupnice byly pomocí sedmibodové ordinální stupnice hedonického typu ohodnoceny kategorie chuť a vůně, konzistence, vzhled a barva, lesk, přítomnost cizí nečisté příchuti a celkové hodnocení. Stupeň jedna byl definován jako vynikající, stupeň sedm jako nepřijatelný. Stupnice s podrobným popisem je uvedena v příloze č. 3.3.

Z grafu 4.19 je viditelné, že nejlépe byly hodnoceny sýry D a C, tedy sýry vyrobené z koncentrovaného mléčného tuku a kokosového tuku. Dále pak sýr A vyrobený z másla, E z palmového oleje a nejhůře byl ohodnocen sýr B ze slunečnicového oleje.

Vzhled a barva, lesk a konzistence byly hodnoceny u všech sýrů přibližně stejně, nejčastěji stupněm výborný, u konzistence pak velmi dobrý. Chuť a vůně byla nejlépe hodnocena u sýrů z mléčného tuku a kokosového tuku, nanejvýš stupněm 4, což odpovídá dobré chuti a vůni. U ostatních sýrů se v hodnocení objevoval i stupeň 6, což odpovídá nevyhovující chuti a vůni. Hodnocení cizí nečistá příchutí se pohybovalo mezi stupněm 1 až po stupeň 5. Pouze u sýru ze slunečnicového oleje se vyskytl i stupeň 6 a 7. Nejlepší celkové hodnocení měly sýry z kokosového tuku a mléčného tuku a to stupeň výborný, sýry z másla a palmového oleje pak stupeň dobrý a sýr ze slunečnicového oleje stupeň méně dobrý.

Získané výsledky byly podpořeny Kruskal-Wallisovým testem (pomocí programu STATVYD), kdy byly zjištěny statisticky významné rozdíly s 95% pravděpodobností v kategoriích chuť a vůně, cizí nečistá příchut' a v celkovém hodnocení, a to mezi sýrem ze slunečnicového oleje k sýrům z mléčného a kokosového tuku. U chuti a vůně také mezi sýrem z másla a slunečnicového oleje a u cizí nečistá příchutí mezi sýrem ze slunečnicového oleje a sýry z másla a palmového oleje. Rozdíl mezi kategoriemi vzhled a barva, lesk a konzistence nebyl shledán statisticky významný.



Graf 4.19: Vliv různých druhů tuků na organoleptické vlastnosti sýrových analogů.

#### 4.2.2 Pořadový test

U pořadové zkoušky měli hodnotitelé za úkol seřadit sýrové analogy podle svých preferencí, kdy stupněm jedna byl označen sýr nejlepší, nejpříjemnější a stupněm pět sýr nejhorší, nepříjemný.

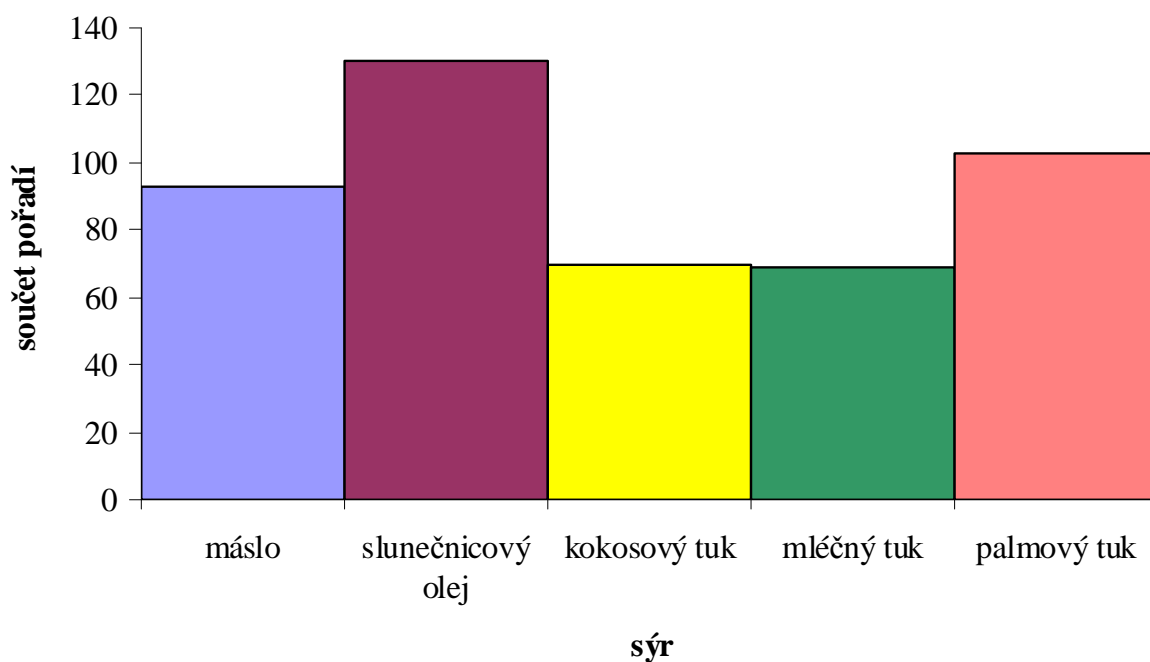


Podle očekávání označili hodnotitelé jako nejlepší sýrový analog vyrobený z koncentrovaného mléčného tuku. Pořadí dalších je kokosový tuk, máslo, palmový olej a jako nejhorší byl hodnocen analog vyrobený ze slunečnicového oleje (viz graf 4.20). Pro sýry ze slunečnicového oleje, palmového oleje a másla jsou výsledky pořadového testu jednoznačné, u sýrů z kokosového a mléčného tuku není v hodnocení téměř žádný rozdíl, což svědčí o tom, že mají skoro stejnou chuť.

Poměrně špatné hodnocení analogu vyrobeného ze slunečnicového oleje se shoduje se špatným hodnocením předchozí stupnicovou metodou.

Je tedy zřejmé, že sýry vyrobené z másla a palmového oleje mají mírně zhoršenou chuť oproti sýrům z kokosového a mléčného tuku.

Pro zjištění statisticky významného rozdílu mezi vzorky byl u pořadové zkoušky použit Friedmanův test. Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že s 95% pravděpodobností existuje mezi vzorky statisticky významný rozdíl, a to mezi analogem ze slunečnicového oleje a všemi ostatními sýry a mezi sýrem z palmového tuku vzhledem k sýrům z kokosového a mléčného tuku.



Graf 4.20: Hodnocení tavených sýrových analogů podle preferencí posuzovatelů

#### 4.2.3 Profilový test

V profilovém testu měli hodnotitelé určit intenzitní profil chuti sýra, a to intenzitu žluklé chuti, olejovité chuti, příjemné či nepříjemné cizí pachuti a popřípadě vyjádřit, jakou jinou chuť cítí. K hodnocení byla použita sedmibodová stupnice, kde stupeň jedna vyjadřoval chuť neznatelnou a stupeň sedm chuť velmi silnou.

U tohoto testu obdobně jako u pořadové zkoušky a stupnicového testu byly nejlépe hodnoceny sýry z kokosového a mléčného tuku, dále pak sýr z másla, palmového oleje a nejhůře sýr ze slunečnicového oleje (viz graf 4.21).

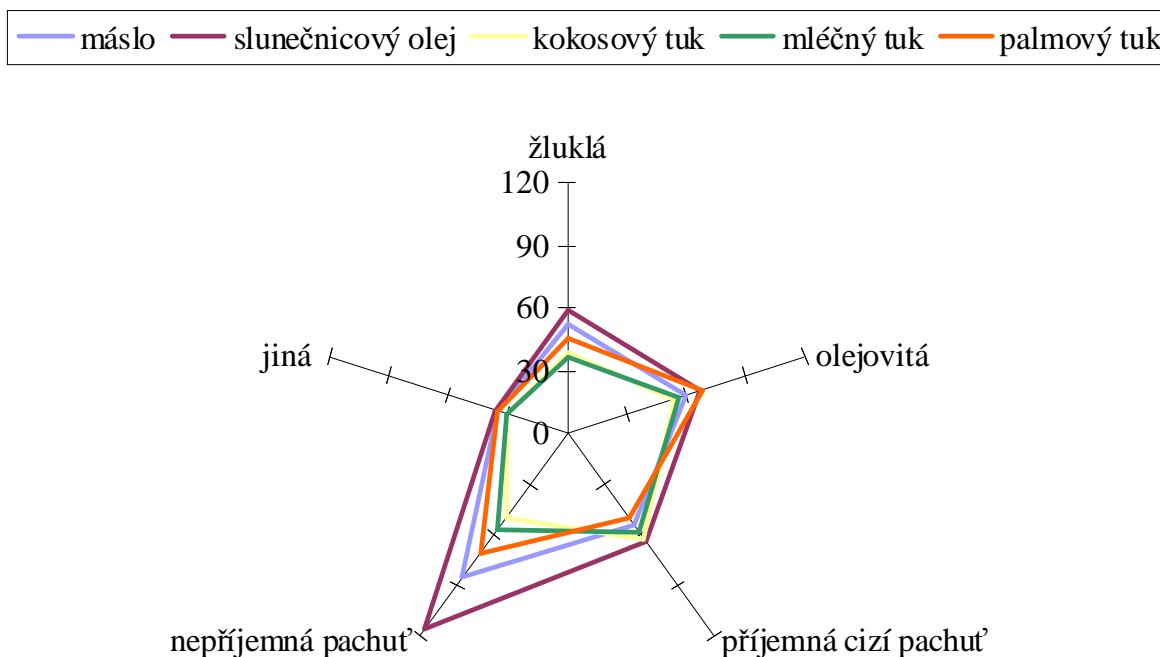
Největší intenzitu žluklé chuti měl sýr ze slunečnicového oleje, dále pak sýry z másla, palmového oleje, kokosového tuku a nejmenší sýr z koncentrovaného mléčného tuku. Největší intenzitu olejovité chuti měly sýry ze slunečnicového a palmového oleje, dále sýry z másla, mléčného tuku a nejmenší sýr z kokosového tuku.

Intenzita příjemné cizí pachuti stoupala v řadě palmový tuk, máslo, mléčný tuk, kokosový tuk a slunečnicový olej. U sýrů z másla a kokosového tuku byla příjemná pachut' několika hodnotiteli popsána jako mléčná. Sýr z kokosového tuku byl dokonce označen jako velmi dobrý a chutný. Sýr z másla byl hodnotiteli popsán jako smetanový, ale také jako kyselejší, nahořklý a žluklý.

Největší intenzitu nepříjemné cizí pachuti měl sýr ze slunečnicového oleje. Tuto pachut' hodnotitelé popisovali jako hořkou, nakyslou, kovovou, po kozím nebo ovčím mléce, margarínu, rostlinném tuku, dále jako velmi nepříjemnou nebo neidentifikovatelnou. U sýru z palmového oleje byla pachut' popsána jako neidentifikovatelná a pachut' po plastu. Téměř žádná nepříjemná cizí pachut' nebyla popsána u sýrů z mléčného a kokosového tuku, pouze několik hodnotitelů tyto sýry popsalo jako kyselejší. Sýr z kokosového tuku byl navíc popisován oříškovou chutí, kterou někteří hodnotitelé považovali za příjemnou a jiní za nepříjemnou.

Jinou cizí pachut' (další příjemnou nebo nepříjemnou) většina hodnotitelů neidentifikovala, pouze u sýru ze slunečnicového a palmového oleje byla popsána jako nepříjemná nebo nepopsatelná.

Výsledky byly podpořeny Kruskal-Wallisovým testem, kdy na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  existuje statisticky významný rozdíl mezi vzorky analogů v kategoriích žluklé a nepříjemné cizí pachuti a to mezi sýrem ze slunečnicového oleje vzhledem k sýrům z kokosového a mléčného tuku. U ostatních hodnocených kategorií není mezi jednotlivými sýry statisticky významný rozdíl.



Graf 4. 21: Profilový diagram chuti sýrových analogů vyrobených z různých druhů tuků

#### 4.2.4 Zhodnocení výsledků senzorické analýzy

Pomocí pořadové zkoušky, hodnocení pomocí stupnic a profilového testu byly senzoricky hodnoceny tavené sýrové analogy vyrobené z různých druhů tuků, a to z másla, koncentrovaného mléčného tuku, kokosového tuku, palmového oleje a slunečnicového oleje. Ve všech hodnocených kategoriích získaly jednoznačně nejlepší hodnocení sýry z kokosového tuku a koncentrovaného mléčného tuku. Nejhorší hodnocení měl vždy sýr ze slunečnicového oleje.

Předpokládalo se, že nejlépe budou chutnat sýry z másla a mléčného tuku, které by se měly nejvíce chuťově podobat klasickým taveným sýrům. To že sýr z másla neměl tak dobré hodnocení bylo nejspíše způsobeno jeho poměrně intenzivní žluklou chutí.

Překvapivě sýr z kokosového tuku, jako jediný z rostlinných tuků, spotřebitelům velmi chutnal, což mohlo být způsobeno mírnou oříškovou příchutí. Ne příliš dobré hodnocení u sýrů z palmového a slunečnicového oleje nejspíše způsobila poměrně intenzivní olejovitá příchut'.

Z hodnocení organoleptických vlastností sýrů vyplývá, že druh použitého tuku při výrobě sýrových analogů příliš neovlivňuje vzhled a barvu, lesk a konzistenci hotového sýra, ale významně ovlivňuje chuť a tím i přijatelnost sýra hodnotiteli.

Lze říci, že pro spotřebitele by měly být nejpříjemnější sýrové analogy vyrobené z kokosového a mléčného tuku, zato analogy vyrobené ze slunečnicového oleje nebo palmového tuku by na trhu příliš neuspěly.

#### 4.3 Porovnání výsledků SPME-GC a senzorické analýzy

Chutnost tavených sýrových analogů přímo souvisí s obsahem aromatických látek. Je závislá nejen na kvantitativním množství AL, ale také na jejich kvalitativním zastoupení.

V senzorické analýze byly nejlépe hodnoceny tavené sýrové analogy vyrobené z koncentrovaného mléčného tuku a kokosového tuku, dále z másla, palmového tuku a nejhůře pak sýr vyrobený ze slunečnicového oleje. Pomocí SPME-GC byl zjištěn nejvyšší obsah AL v analozích z másla a koncentrovaného mléčného tuku ( $926 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  a  $943 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), dále pak z palmového tuku ( $814 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), kokosového tuku ( $842 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejméně AL obsahoval sýr ze slunečnicového oleje ( $600 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Látky, které dosáhly vyšších koncentrací, by měly podle našeho předpokladu nejvíce ovlivňovat senzorickou jakost tavených sýrů. Vliv jednotlivých sloučenin na chutnost lze vyjádřit pomocí tzv. hodnoty aromatu, tj. poměru experimentálně zjištěné koncentrace k tzv. prahové koncentraci, což je nejnižší koncentrace, při které lze danou látku ještě senzoricky vnímat. Lze ji zjistit experimentálně a takto zjištěné prahové koncentrace řady AL je možné vyhledat v literatuře (viz příloha č. 8.1). Jestliže je hodnota aromatu menší než 1, tak látku pravděpodobně nelze vnímat.

V tabulce 4.5 jsou uvedeny zjištěné hodnoty aromatu pro AL přítomné v sýrech ve významnějším množství.

Tabulka 4.5: Vypočtené hodnoty aromatu AL přítomných v tavených sýrových analozích ve významnějším množství

| Sloučenina       | Prahová koncentrace ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ) | Hodnota aromatu |              |        |            |                   |
|------------------|---|-----------------|--------------|--------|------------|-------------------|
|                  |   | palmový tuk     | kokosový tuk | máslo  | mléčný tuk | slunečnicový olej |
| kys. kapronová   | 14  | 6,1             | 11,9         | -      | -          | -                 |
| acetaldehyd      | 0,11  | -               | -            | 1395,0 | -          | 700,4             |
| butan-2,3-diol   | 50  | -               | -            | -      | 7,4        | -                 |
| aceton           | 40,9  | 0,1             | 0,1          | 0,1    | 0,1        | 0,1               |
| methanol         | N   |                 |              |        |            |                   |
| terc. butanol    | N   |                 |              |        |            |                   |
| isopropanol      | 190   | -               | -            | 0,03   | 0,03       | 0,03              |
| ethanol          | 40  | 5,3             | 6,4          | 5,6    | 4,7        | 5,6               |
| sek. butanol     | 5,1   | 2,1             | 1,9          | 2,4    | 1,7        | 2,2               |
| propanol         | 7,8   | 0,3             | 0,3          | 0,3    | 0,2        | 0,3               |
| acetoin          | 50  | 4,5             | 3,1          | 3,4    | 3,5        | 3,8               |
| kys. máselná     | 25  | 0,1             | 0,1          | -      | 0,1        | 0,2               |
| fenylacetaldehyd | 0,025   | 113,6           | 163,2        | 103,2  | 150,0      | 130,8             |
| kys. kaprinová   | 102   | 0,5             | -            | 0,6    | -          | -                 |

*prahové koncentrace jsou vybrány z přílohy 8.1*

*N .. prahová koncentrace nebyla nalezena*

Z výsledků vyplývá, že pro celkové aroma sýra nemusí být důležité pouze látky, které se v sýru vyskytují ve vysoké koncentraci. Podle vypočtených hodnot aromatu lze usuzovat, že k celkovému aroma sýru vyrobeného z koncentrovaného mléčného tuku přispívá zejména fenylacetaldehyd, který byl přítomen v koncentraci  $3,8 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ , a který dodává květinové, medové aroma. V menší míře se podílí butan-2,3-diol, methanol, sek. butanol a acetoin i když byly přítomny ve větším množství. Methanol a acetoin dodávají jemné, máslové, éterové aroma.

U analogu z kokosového tuku celkové aroma nejvíce ovlivňuje fenylacetaldehyd ( $4,1 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), dále ethanol, sek. butanol, acetoin a kys. kapronová charakterizovaná ostrým, kyselým aroma. Tedy obdobné AL jako jsou obsaženy v mléčném tuku.

Sýr vyrobený z másla obsahoval vysokou koncentraci acetaldehydu ( $153,5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ), jehož hodnota aromatu činila 1395. Tento aldehyd nejspíše přispěl k ne příliš dobrému sensorickému hodnocení, vyznačuje se totiž štiplavým, žluklým aroma.

Na aroma sýru z palmového tuku se nejvíce podílely fenylacetaldehyd, kys. kapronová, ethanol, sek. butanol a acetoin. U sýra ze slunečnicového oleje acetaldehyd, fenylacetaldehyd, ethanol, sek. butanol a acetoin. Špatné hodnocení tohoto sýra nejspíše ovlivnilo štiplavé, žluklé aroma acetaldehydu a celkově nízká koncentrace přítomných aromaticky aktivních látek.

Prahové koncentrace methanolu a terc. butanolu se nepodařilo v literatuře nalézt, nelze tedy posoudit jejich příspěvek k celkovému aroma.

Ostatní AL měly hodnoty aromatu nižší než 1, neměli bychom je tedy vnímat. Na aroma sýrů se tedy nepodílí přímo, pouze svými případnými synergickými a antagonickými efekty.

## 5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo identifikovat a kvantifikovat aromaticky aktivní látky ve vzorcích 100% tuků, a to v másle, koncentrovaném mléčném tuku, palmovém tuku, kokosovém tuku a slunečnicovém oleji a v tavených sýrových analogích, které byly z těchto tuků vyrobeny. Tavené sýrové analogy byly hodnoceny také sensoricky.

Vzorky analogů byly vyrobeny na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně a obsahovaly 40 % sušiny a 50 % tuku v sušině.

K izolaci aromaticky aktivních látek byla použita metoda HS-SPME a poté byly stanoveny plynovou chromatografií. K identifikaci a kvantifikaci byly využity retenční časy a plochy píků standardů o známé koncentraci. Celkem se ve vzorcích sýrů podařilo identifikovat 32 aromatických látek, z toho 7 aldehydů, 13 alkoholů, 2 estery, 5 ketonů a 5 kyselin.

Množství aromaticky aktivních látek obsažených v sýrech bylo ovlivněno tukem, ze kterého byl sýr vyroben. Dominantní látkou palmového a kokosového tuku byla kyselina kapronová, u másla a slunečnicového oleje acetaldehyd a u mléčného tuku butan-2,3-diol. Obsah těchto látek se promítl v celkové koncentraci aromatických látek u sýrů. Největší množství aromatických látek obsahoval sýr z mléčného tuku ( $943 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), dále pak sýr z másla ( $926 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), z palmového tuku ( $814 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ), kokosového tuku ( $842 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) a nejméně pak sýr ze slunečnicového oleje ( $600 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

Zároveň se SPME-GC probíhalo i sensorické hodnocení sýrových analogů. K ohodnocení organoleptických vlastností byla použita pořadová zkouška, hodnocení pomocí stupnice a profilový test.

Při posuzování vzhledu a barvy, lesku a konzistence nebyl mezi vzorky statisticky významný rozdíl. Ve všech ostatních kategoriích byly vždy nejlépe hodnoceny sýry vyrobené z koncentrovaného mléčného tuku a kokosového tuku, dále pak sýr z másla, palmového tuku a nejhůře sýr ze slunečnicového oleje. Sýry z másla a slunečnicového oleje byly popsány jako žluklé.

Nakonec byly porovnány výsledky zjištěné instrumentální analýzou a sensorickou analýzou. Podle vypočtené hodnoty aromatu lze tvrdit, že chuť sýru z kokosového a mléčného tuku nejvíce ovlivňuje fenylacetaldehyd svým medovým, květinovým aroma. Špatné hodnocení sýru z másla a slunečnicového oleje způsobila vysoká koncentrace acetaldehydu, charakterizovaného štiplavým a žluklým aroma.

Z výsledků chemické a sensorické analýzy lze usoudit, že druh tuku použitý pro výrobu tavených sýrových analogů ovlivňuje obsah aromatických látek v sýrech a tím i sensorickou jakost. Lze říci, že pro spotřebitele by měly být nejpříjemnější sýrové analogy vyrobené z kokosového a koncentrovaného mléčného tuku, zato analogy vyrobené ze slunečnicového oleje nebo palmového tuku by pravděpodobně na trhu příliš neuspěly.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. DOSTÁLOVÁ, J., ČURDA, L.: *Význam tavených sýrů ve výživě*. [online]. Poslední úprava 27. dubna 2005, [citováno 10. 2. 2010]. Dostupné z: <[http://www.fzv.cz/web/fzv-poskytuje/tiskove-materialy/cesky\\_fenomen/syry\\_vyznam](http://www.fzv.cz/web/fzv-poskytuje/tiskove-materialy/cesky_fenomen/syry_vyznam)>.
2. Vyhláška ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění. Dostupné z: <<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb03077&cd=76&typ=r>>
3. HUI, Y. H.: 151 Processed Cheese. *Handbook of Food Science, Technology and Engineering*. United States of America: Taylor & Francis Group, 2006, Vol. 4. ISBN 0-8493-9849-5
4. ČERNÁ, M., a kol.: *Nutriční hodnota mléka a mléčných výrobků*. 1. vyd. Praha: Středisko technologických informací potravinářského průmyslu, 1979. 142 s.
5. Stránky o lidové kultuře, ovcích a pastýřích [online]. Poslední úprava 2007, [citováno 25. 2. 2008]. Dostupné z: <[http://www.salasnictvi.estranky.cz/stranka/vyroba-ostepku\\_-syry](http://www.salasnictvi.estranky.cz/stranka/vyroba-ostepku_-syry)>
6. GUINEE, T. P.: Cheese/Pasteurized Processed Cheese products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2004. pp. 411-418. ISBN 0-12-227235-8
7. *Směrné technologické postupy*. Praha: Mlékárenský průmysl koncern Praha, 1985
8. GUINEE, T. P., CARIĆ, M., KALÁB, M.: Pasteurized Processed cheese and Substitute/Imitation cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004, Vol. 2, No. 3, pp. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
9. 9.6.1 Natural And Processed Cheese. *Food And Agricultural Industry*. [online]. [citováno 12. 2. 2010]. Dostupné z: <<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch09/final/c9s06-1.pdf>>.
10. PISKA, I., ŠTĚTINA, J.: Influence of cheese ripening and rate of cooling the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*. 2004. Vol. 61, No. 4, pp. 551-555. ISSN 0260-8774
11. GAJDŮŠEK, S., KLÍČNÍK, V.: *Mlékařství*. 2., nezměněné vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. 129 s. ISBN 80-7157-073-7.
12. STIESE, B., KŘIVÁNEK, M.: *Abeceda mlékárenství*. 2., přepracované vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1966. 316 s.
13. DRBOHLAV, J., VODIČKOVÁ, M.: *Tabulky látkového složení mléka a mléčných výrobků*. 2., nezměněné vydání. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2002. 84 s. ISBN 80-7271-005-2.
14. RANKEN, M. D., KILL, R. C., BAKER, C. G. J.: *Food Industries Manual*. 24. edition. Great Britain: Chapman & Hall, 1997. 653pp. ISBN 0-7514-0404-7
15. DRDÁK, M., STUDNICKÝ, J., MÓROVÁ, E., KAROVIČOVÁ, J.: *Základy potravinářských technologií*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996. 512s. ISBN 80-967064-1-1.
16. GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1998. 135 s. ISBN 80-7157-342-6.
17. LUKÁŠOVÁ, J.: *Hygienu a technologie mléčných výrobků*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, 2001. 180 s. ISBN 80-7305-415-9.

18. ROGINSKI, H., FUQUAY, J. W., FOX, P. F.: *Encyclopedia of Dairy Science*. London: Academic Press, 2002. pp. 428-434. ISBN 0-12-227235-8
19. BACHMANN, H-P.: Cheese analogues: a review. *International Dairy Journal*. July 2001, Vol. 11, No. 4-7, pp. 505-515. ISSN 0958-6946.
20. PRICE, K. M.: Microstructure and Functionality of Processed Cheese: The Role of Milk Fat. *Food Science*. 2007. Dostupné z: <<http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-12142007-115220/unrestricted/etd.pdf>>.
21. *Výroba tavených sýrů a jejich trvanlivost*. [online]. Poslední úprava 15. února 2007, [citováno 5. 2. 2010]. Dostupné z: < [http://www.spotřebitel.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=108670&Itemid=90](http://www.spotřebitel.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=108670&Itemid=90)>.
22. ČARŇANSKÝ, O.: Test. *MF Dnes*, leden 2008, roč. XIX, č.15, s.E6-E7. ISSN 1210-1168.
23. SCHÄR, W., BOSSET, J. O.: Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage. A Review. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. 2002, Vol. 35, pp. 15-20. ISSN 0023-6438.
24. SUNESEN, L. O., LUND, P., SØRENSEN, J., HØLMER, G.: Development of Volatile Compounds in Processed Cheese during Storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und-technologie*. 2002. Vol. 35, No. 2, pp. 128-134. ISSN 0023-6438
25. ZACHARI, P.: *Sdružení obrany spotřebitelů* [online]. Poslední úprava 5. října 2006, [citováno 26.2. 2008]. Dostupné z: <[http://www.spotrebitele.info/potraviny\\_zdravi/clanek.shtml?x=2197699](http://www.spotrebitele.info/potraviny_zdravi/clanek.shtml?x=2197699)>.
26. TAMIME, A. Y., SHENANA, M. E., MUIR, M. E., DAWOOD, A. H.: Processed Cheese Analogues Incorporating Fat-Substitutes 1. Composition, Microbiological Quality and Flavour Changes During Storage at 5°C. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*. February 1999, Vol. 32, No. 1, pp. 50-59. ISSN 0023-6438.
27. *Dairy Fat Alternatives*. Praha (CZ): KARLSHAMNS Spol. s. r. o., March 2003.
28. BUŇKA, F., HRABĚ, J., ČERNÍKOVÁ, M.: *Q magazín – Kvalita testovaná spotřebiteli* [online]. Poslední úprava 12. února 2007, [citováno 23. 1. 2008]. Dostupné z: <<http://www.qmagazin.cz/syry/tavene-syry-pravidelna-soucast-naseho-jidelnicku.html>>.
29. KIZILOZ, M. B., CUMHUR O., KILIC M.: Development of the structure of an imitation cheese with low protein content. *Food Hydrocolloids*. 2009. Vol. 23, No. 6, pp. 1596-1601. ISSN 0268-005X
30. ŠINDELÁŘ, M.: *Státní zemědělská a potravinářská inspekce* [online]. Poslední úprava 16. února 2001, [citováno 26. 2. 2008]. Dostupné z: <<http://www.szpi.gov.cz/cze/informace/koutek/article.asp?id=54259&cat=&ts=9ec6>>.
31. MOUNSEY, J. S., O'RIORDAN, E. D.: Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*. June 2007. ISSN 0268-005X.
32. ústní sdělení [Doc. RNDr. Ivana Márová, CSc.] [Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií, Purkyňova 118, Královo Pole, 61200, Brno, Česká republika] [citováno 11 února 2010]
33. NORONHA, N., DUGGAN, E., ZIEGLER, G. R., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M.: Inclusion of Starch in Imitation Cheese; its Influence on Water Mobility and Cheese Functionality. *Food Hydrocolloids*. 2007. ISSN 0268-005X.

34. NORONHA, N., CRONIN, D. A., O'RIORDAN, E. D., O'SULLIVAN, M.: Flavouring of imitation cheese with enzyme-modified cheeses (EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids (SCFAs). *Food Chemistry*. February 2008 Vol. 106, No. 3, pp. 905-913.
35. HANČOVÁ, H., VLKOVÁ, M.: *Biologie v kostce II*. 2. vyd. Havlíčkův Brod: FRAGMENT, 1999. 151 s. ISBN 80-7200-341-0.
36. PRÍBELA, A.: *Analýza potravín*. 1. vyd. Bratislava: STU, 1991. 225 s. ISBN 80-227-0374-5.
37. HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J.: *Analýza potravín*. 2. vyd. Újezd u Brna: Ivan Straka. 2001. 94 s. ISBN 80-86494-02-0
38. DELGADO, F. J., CRESPO, J. G., CAVA, R., PARRA, J. G., RAMÍREZ, R.: Characterisation by SPME-GC-MS of the volatile profile a Spanish soft cheese P.D.O. Torta del Casar during ripening. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 118, No. 1, pp. 182-189. ISSN 0308-8146
39. CURIONI, P. M. G., BOSSET, J. O.: Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*. 2002. Vol. 12, No. 12, pp. 959-984. ISSN 0958-6946
40. MARILLEY, L., CASEY, M. G.: Flavours of cheese products: metabolic pathways, analytical tools and identification of producing strains. *International Journal of Food Microbiology*. 2004. Vol.90, No. 2, pp. 139-159. ISSN 0168-1605
41. SMIT, G., VERHEUL, A., KRANENBURG, R., AYAD, E., SIEZEN, R., ENGELS, W.: Cheese flavour development by enzymatic conversions of peptides and amino acids. *Food Research International*. 2000. Vol. 33, No. 3-4, pp. 153-160. ISSN 0963-9969
42. DIRINCK, P., De WINNE, A.: Flavour characterisation and classification of cheeses by gas chromatographic-mass spectrometric profiling. *Journal of Chromatography A*. 1999. Vol. 847, No. 1-2, pp. 203-208. ISSN 0021-9673
43. POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H., PANOVSKÁ, Z.: *Sensorická analýza potravín*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1998. 95 s. ISBN 80-7080-329-0.
44. POKORNÝ, J., VALENTOVÁ, H., PUDIL, F.: *Sensorická analýza potravín Laboratorní cvičení*. 1. vyd. Praha: VŠCHT, 1997. 60 s. ISBN 80-7080-278-2.
45. VAN RUTH, S. M.: Aroma measurement: Recent developments in isolation and characterisation. *Physics and Chemistry Basis of Biotechnology*. 2002. Vol. 7, pp. 305-328. ISSN 1569-268X
46. MAJCHER, M., JELEŇ, H. H.: Comparison of suitability of SPME, SAFE and SDE methods for isolation of flavor compounds from extruded potato snacks. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009. Vol. 22, No. 6, pp. 606-612. ISSN 0889-1575
47. PINHO, O., FERREIRA, I. M. P. L. V. O., FERREIRA, M.: Discriminate analysis of the volatile fraction from „Terrincho“ ewe cheese: correlation with flavour characteristics. *International Dairy Journal*. 2004. Vol. 14, No. 5, pp. 455-464. ISSN 0958-6946
48. LEVUEN, I., CAELENBERG, T., DIRINCK, P.: Aroma characterisation of Gouda-type cheeses. *International Dairy Journal*. 2008, Vol. 18, No. 8, pp. 790-800. ISSN 0958-6946.
49. CAGNO, R., BANKS, J., SHEEHAN, L., FOX, P. F., BRECHANY, E. Y., CORSETTI, A., GOBBETTI, M.: Comparison of the microbiological, compositional,



- biochemical, volatile profile and sensory characteristics of three Italian PDO ewe's milk cheeses. *International Dairy Journal*. 2003, Vol. 13, No. 12, pp. 961-972. ISSN 0958-6946.
50. FRANK, D. C., OWEN, C. M., PATTERSON, J.: Solid phase microextraction (SPME) combined with gas-chromatography and olfactometry-mass spectrometry for characterization of cheese aroma compounds. *Lebensmittel-Wissenschaft und-technologie*. 2004. Vol. 37, No. 2, pp. 139-154. ISSN 0023-6438
  51. JANUSZKIEWICZ, J., SABIK, H., AZARNIA, S., LEE, B.: Optimization of headspace solid-phase microextraction for the analysis of specific flavors in enzyme modified and natural Cheddar cheese using factorial design and response surface methodology. *Journal of chromatography A*. 2008. Vol. 1195, No. 1-2, pp. 16-24. ISSN 0021-967
  52. URBANOVÁ, A. *Vliv technologie výroby na chutnost sýrů eidamského typu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2009. 96 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.
  53. ŠTOURAČOVÁ, A. *Vliv podmínek a doby skladování na obsah aromaticky aktivních látek ve sterilovaných tavených sýrech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 70 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.
  54. ústní sdělení [Ing. Libor Babák Ph.D.] [Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií, Purkyňova 118, Královo Pole, 61200, Brno, Česká republika] [citováno 10 dubna 2010]
  55. LAZÁRKOVÁ, Z. *Vliv sterilačního záhřevu na vybrané aromatické látky v tavených sýrech*. Diplomová práce. Brno: VUT FCH, 2006, 93 s.
  56. SABLÉ, S., COTTENCEAU, G.: Current Knowledge of Soft Cheeses Flavor and Related Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999, Vol. 47, No. 12, pp. 4825-4836.
  57. VÍTOVÁ, E.: *Hodnocení tvorby těkavých senzoricky účinných látek mikrobiálních metabolitů a jejich charakterizace*. Disertační práce. Brno: FH VUT, 2003.
  58. MOLIMARD, P., SPINLER, H. E.: Review: Compounds Involved in the Flavor of Surface Mold-Ripened Cheeses: Origins and Properties. *Journal of Dairy Science*. 1996, Vol. 79, No. 2, pp. 169-184. ISSN 0022-0302.
  59. ATTAIE, R., RICHTER, R. L.: Formation of Volatile Free Fatty Acids During Ripening of Cheddar-like Hard Goat Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1996, Vol. 79, No. 5, pp. 717-724. ISSN 0022-0302.
  60. KARAHADIAN, C., JOSEPHSON, D. B., LINDSAY, R. C.: Contribution of *Penicillium* sp. to the Flavors of Brie and Camembert Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1985, Vol. 68, No. 8, pp. 1865-1877. ISSN 0022-0302.
  61. BALDWIN, R. E., CLONINGER, M. R., LINDSAY, R. C.: Flavor threshold for fatty acids in buffered solutions. *Journal of Food Science*. 1973, Vol. 38, pp. 528-530.
  62. VELÍŠEK, J.: *Chemie potravin*. 2. vyd. OSSIS, 2002. 320 s. ISBN 80-86659-01-1.
  63. DAHL, S., TAVARIA, F. K., MALCATA, F. X.: Relationship between flavour and microbiological profiles in Serra da Estrela cheese throughout ripening. *International Dairy Journal*. 2000, Vol. 10, No. 4, pp. 255-262. ISSN 0958-6946.
  64. KUBÍCKOVÁ, J., GROSCH, W.: Quantification of Potent Odorants in Camembert Cheese and Calculation of their Odour Activity Values. *Int. Dairy Journal* 8. 1998, Vol. 8, No. 1, pp. 17-23. ISSN 0958-6946.

65. SIEK, T. J., ALBIN, I. A., SATHER, L. A., LINDSAY, R. C.: Comparison of Flavor Treshold of Aliphatic Lactones with Those of Fatty Acids, Esters, Aldehydes, Alcohols, and Ketones. *Journal of Dairy Science*. 1998, Vol. 54, No 1, pp. 1-4. ISSN 0022-0302.
66. MOIO, L., DEKIMPE, J., ETIEVANT, P. X., ADDEO, F.: Comparison of the neutral volatile compounds in mozzarella cheese made from bovine and water bufalo milk. *Italian Journal of Food Science*. 1993, Vol. 5, No. 3, pp. 215-225.
67. POHJANHEIMO, T. A., SANDELL, M. A.: Headspace volatiles contributing to flavour consumer liking of wellness beverages. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 115, No. 3, pp 843-851. ISSN 00308-8146.
68. HAMACHER, T., NIESS, J., LAMMERS, P. S., DIEKMANN, B., BOEKER, P.: Online measurement of odorous gases close to the odour threshold with a QMB sensor system with an integrated preconcentration unit. *Senzore and Actuators B: Chemical*. 2003. Vol. 95, No. 1-3, pp 39-451 ISSN 0925-4005.

## **7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK**

AL – aromatické látky  
CA – sýrový analog  
CAR<sup>TM</sup>/PDMS – Carboxen<sup>TM</sup>/ polydimethylsiloxan  
EMC – enzymově modifikované sýry  
ES – emulsifikační soli  
FID – plamenový ionizační detektor  
GC – plynová chromatografie  
HS-SPME – headspace-SPME  
LMMCA – analog sýru nízkovlhkostní mozzarely  
SPME – mikroextrakce tuhou fází  
TVS – tuk v sušině

## 8 SEZNAM PŘÍLOH

|              |  |
|--------------|--|
| Příloha 8.1  | Aroma a prahové koncentrace aromatických látek   |
| Příloha 8.2  | Fotografie tavených sýrových analogů   |
| Příloha 8.3  | Vzorky tavených sýrových analogů pro senzorické hodnocení                              |
| Příloha 8.4  | Protokol pro senzorické hodnocení tavených sýrových analogů                            |
| Příloha 8.5  | Ukázka chromatogramu AL, 100% kokosový tuk   |
| Příloha 8.6  | Ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z kokosového tuku               |
| Příloha 8.7  | Ukázka chromatogramu AL, 100% palmový tuk  |
| Příloha 8.8  | Ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z palmového tuku                |
| Příloha 8.9  | Ukázka chromatogramu AL, slunečnicový olej   |
| Příloha 8.10 | Ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený ze slunečnicového oleje         |
| Příloha 8.11 | Ukázka chromatogramu AL, máslo   |
| Příloha 8.12 | Ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z másla                         |
| Příloha 8.13 | Ukázka chromatogramu AL, koncentrovaný mléčný tuk                                      |
| Příloha 8.14 | Ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z koncentrovaného mléčného tuku |

Příloha 8.1: Aroma a prahové koncentrace aromatických látek zjištěné z literatury

|                                | Prahová koncentrace (ug·g <sup>-1</sup> )            |  |                 |         |          |                  |   |                        |
|--------------------------------|--|--|-----------------|---------|----------|------------------|---|------------------------|
| Sloučenina                     | Aroma  | voda                                   | olej nebo máslo | vzduch  | neurčeno | sýr              | v pufru   | reference              |
| kyseliny                       |  |  |                 |         |          |                  |   |                        |
| 2-methylbutanová               | ovocné, kyselé                                       | 1,6až3,2                               |                 |         |          |                  |   | 56                     |
| 2-methylpropionová             | sladké, jablečné, žluklého másla                     | 5,3                                    |                 | 0,0195  |          |                  |   | 56                     |
| 3-methylbutanová (isovalerová) | žluklé, shnilého, zkaženého ovoce, po potu           | rn 10; 0,07 až 1; 0,13 až 0,14;        |                 |         | 2,7      |                  | 0,13 <sup>b)</sup> ; 0,07 <sup>f)</sup>   | 39, 56, 58, 59, 63     |
| 4-ethyloktanová                | kozí   | 0,0018 až 2,4                          |                 |         | 0,006    |                  | 0,0018 <sup>f)</sup>  | 39, 58, 59             |
| 4-methyloktanová               | kozí, ovčí   | 0,02                                   |                 |         |          | 0,6              |   | 39, 58, 59             |
| 4-methylpentanová              | ostré, sýrové  | 0,61                                   |                 |         |          |                  |   | 56                     |
| butanová (máselná)             | žluklé, shnilé, po potu                              | rn 18; 6,2; 6,8; 1,1; 0,3 až 0,48; 0,2 | 0,66; 0,6; 3    | 0,0389  | 4,8      | 25 <sup>a)</sup> | 1,11 <sup>b)</sup> ; 0,4 <sup>c)</sup> ; 1,9 <sup>d)</sup> ; 6,1 <sup>e)</sup>  | 39, 56, 60, 62, 63     |
| decenová                       | sladké, mastné                                       | 4,3                                    |                 |         |          |                  |   | 58, 59                 |
| dekanová (kaprinová)           | žluklé   | 3,5 až 4; 10; 1,4 až 16                | 5 až 200        |         | 5        |                  | 2,19 <sup>b)</sup> ; 1,4 <sup>c)</sup> ; 2,2 <sup>d)</sup> ; 14,8 <sup>e)</sup> | 56, 58, 59, 61, 63     |
| dodekanová (laurová)           | mastné   |  | 50 až 700       |         |          |                  |   | 58                     |
| ethanová (octová)              | kyselé, octové, ostré                                | rn 54; 22 až 54                        | 3 až 7; 5       | 0,145   | 520; 25  |                  |   | 39, 56, 62, 63         |
| fenyloctová                    | medové   |  | n 0,19          |         |          |                  |   | 39                     |
| heptanová                      | mýdlové, mastné, kyselé                              |  |                 |         |          |                  | 10,4 <sup>b)</sup> ; 0,28 <sup>f)</sup>   | 59                     |
| hexadekanová                   |  |  | 10000           |         |          |                  |   | 56                     |
| hexanová (kapronová)           | zápach z úst, kozí, popkornu, palčivé, ostré, kyselé | rn 81; 15; 5,4; 1; 3; 9,2; 27,1        | 2,5; 10         | 0,0126  | 0,9      | 14 <sup>a)</sup> | 9,2 <sup>b)</sup> ; 6,7 <sup>c)</sup> ; 8,6 <sup>d)</sup> ; 27,1 <sup>e)</sup>  | 39, 56, 59, 60, 61, 63 |
| isomáselná                     | po potu, shnilého jablka                             | 5,3                                    |                 |         | 9,5      |                  |   | 58, 63                 |
| methylpropionová               | žluklé, po potu                                      | rn 88                                  |                 |         |          |                  |   | 39                     |
| nonanová                       | mastné, mýdlové                                      |  |                 |         |          |                  | 8,8 <sup>b)</sup> ; 2,4 <sup>f)</sup>   | 59                     |
| oktadekanová                   |  | 20                                     | 15000           |         |          |                  |   | 56                     |
| oktanová (kaprylová)           | kozí, plesnivé, zatuchlé, mýdlové, ovocné            | 5,8 až 19; 3; 19; 2,2 až 11,3          | 10 až 350       | 0,00398 | 1,9      |                  | 15 <sup>b)</sup> ; 2,2 <sup>c)</sup> ; 8,7 <sup>d)</sup> ; 11,3 <sup>e)</sup>   | 56, 58, 59, 60, 61 63  |
| olejová                        |  |  | 8000            |         |          |                  |   | 56                     |
| pentanová                      | sýrové, žluklé, po potu, po vosku                    | 1,1 až 6,5; 1,4                        |                 |         |          |                  | 1,37 <sup>b)</sup> ; 1,1 <sup>f)</sup> ; 6,5 <sup>g)</sup>                      | 56, 59                 |
| propanová (propionová)         | ovocné, palčivé , octové                             | rn 30; 40,3                            |                 |         | 5        |                  |   | 39, 56, 63             |
| tetradekanová                  | po vosku, olejová                                    | 10                                     | 5000            |         |          |                  |   | 56                     |
| undekanová                     | olejové, sladké, po vosku, mýdlové                   | 0,1                                    |                 |         |          |                  | 0,1 <sup>f)</sup>   | 56, 59                 |

|                    |  | Prahová koncentrace (ug·g <sup>-1</sup> ) |                 |        |                              |          |                        |
|--------------------|--|---|-----------------|--------|------------------------------|----------|------------------------|
| Sloučenina         | Aroma                                    | voda                                      | olej nebo máslo | vzduch | sýr                          | neurčeno | reference              |
| alkoholy           |  |   |                 |        |                              |          |                        |
| 2-fenylethanol     | květinové, po růžích, medové             | 0,24; 1,1                                 | n0,211; rn0,122 |        | 9,1; 7,6; 0,07 <sup>a)</sup> |          | 56, 58, 64             |
| 2-methyl-1-butanol | přiboudliny, výlisků                     | 0,3                                       |                 | 0,115  |                              |          | 39                     |
| 3-methylbutanol    | ovocné, alkoholové                       | 3,2 až 4,75; 0,3                          |                 |        | 4,75 <sup>a)</sup>           |          | 56, 58, 60             |
| butan-1-ol         | sladké, ovocné                           | 0,5; 7,5                                  |                 | 3,5    |                              |          | 56, 65                 |
| butan-2-ol         |  | 5,1                                       |                 | 1,7    |                              |          | 56, 65                 |
| dekan-1-ol         |  | 0,18                                      |                 |        |                              |          | 65                     |
| dekan-2-ol         |  | 0,33                                      |                 |        |                              |          | 65                     |
| ethanol            | jemné, éterové                           | 0,18 až 100                               |                 |        |                              | 40; 100  | 58, 62, 63             |
| fenol              | květinové, nemocniční                    | 1,2 až 10; 0,25                           | 0,01; 0,15      | 0,047  | 0,01 <sup>h)</sup>           |          | 56, 58, 60             |
| heptan-1-ol        | vonné, olejovité, dřeva                  | 2,4; 0,52                                 | 20              |        |                              |          | 56, 65                 |
| heptan-2-ol        | bylinné, olejovité                       | 0,005; 0,41                               |                 |        |                              |          | 39, 65                 |
| hexan-1-ol         | mírně ovocné, zelené, květinové          | 2,5                                       |                 |        |                              | 1        | 56, 62, 66, 67         |
| hexan-2-ol         |  | 6,7                                       |                 |        |                              |          | 65                     |
| linalool           |  | 0,1                                       |                 |        |                              |          | 62                     |
| nonan-1-ol         | po trávě, bylinkách                      | 0,086                                     |                 |        |                              | 0,16     | 63, 65, 66             |
| nonan-2-en-1-ol    |  |   |                 |        |                              | 48       | 63                     |
| nonan-2-ol         | mastné, zelené                           | 0,075; 0,28                               |                 |        |                              |          | 39, 65                 |
| okt-1,5-dien-3-ol  | půdní, muškátové                         | 0,01                                      |                 |        |                              |          | 58                     |
| okt-1-en-3-ol      | žampionové                               | 0,001; 0,01;                              | n0,034; rn0,036 | 0,048  |                              | 0,0001   | 39, 56, 58, 60, 63, 64 |
| okt-2-en-1-ol      |  | 0,84                                      |                 |        |                              |          | 58                     |
| oktan-1-ol         | mastné, po vosku, citrusové              | 0,11; 0,19                                |                 |        |                              | 0,083    | 56, 63                 |
| oktan-2-ol         | po trávě                                 | 0,018                                     |                 |        |                              |          | 58                     |
| pentan-1-ol        | alkoholové, zelené, ovocné               | 0,73; 4; 4,5                              |                 |        |                              |          | 39, 56, 65             |
| pentan-2-ol        |  | 8,5                                       |                 |        |                              |          | 65                     |
| propan-1-ol        |  |   |                 |        |                              | 7,8      | 63                     |
| propan-2-ol        |  | 190                                       |                 |        |                              |          | 65                     |
| butan-2,3-diol     |  |   |                 |        |                              | 50       | 63                     |
| 4-methylanisol     | sýru gorgonzola                          | 2   |                 |        |                              |          | 39                     |
| 2-methylisoborneol | plesnivé, půdní                          | 0,0001                                    |                 |        |                              |          | 58                     |
| p-kresol           | nemocniční                               | 0,002; 0,055                              | 0,3             | 0,001  | 0,002 <sup>h)</sup>          |          | 56, 58                 |
| skatol             | shnilé, zvířecí                          |   | n0,0156; rn0,05 |        |                              |          | 39, 66                 |
| indol              | nepříjemné, zkažené, zatuchlé, jasmínové | 0,14                                      | 0,02            |        |                              |          | 56, 66                 |

|                               |   | Prahová koncentrace (ug·g <sup>-1</sup> ) |                             |                     |                           |            |                    |
|-------------------------------|---|---|-----------------------------|---------------------|---------------------------|------------|--------------------|
| Sloučenina                    | Aroma   | voda                                      | olej nebo máslo             | vzduch              | sýr                       | neurčeno   | reference          |
| <b>aldehydy</b>               |   |   |                             |                     |                           |            |                    |
| 3-methybutanal                | zelené, sladové, bylinné                          |   | n0,013; rn0,0108            |                     |                           |            | 64                 |
| acetaldehyd                   | trávnové, sladké, štiplavé, žluklé                | 1,3                                       | 0,11; n0,000222; rn0,0071   |                     |                           | 0,04; 0,03 | 62, 63, 64         |
| benzaldehyd                   | hořké mandle, sladké, aromatické, ořechové        | 0,35; 0,003                               |                             | 0,0417              |                           | 0,4        | 56, 62, 66         |
| butanal                       |   | 0,0159                                    |                             | 0,2                 |                           |            | 56                 |
| fenylacetaldehyd              | květinové, medové                                 | 0,001; 0,004; 0,04                        | n0,025                      |                     |                           |            | 39, 56, 62         |
| heptanal                      | olejové, lesa,                                    | 0,002; 0,031                              | 0,75 až 0,9                 | 0,00479; 0,26       |                           |            | 56                 |
| hexanal                       | mírně ovocné, trávnové, pronikavé                 | 0,0045 až 0,016;                          | n0,12; rn0,073; 0,19 až 0,8 | 0,0138; 0,043       |                           | 0,005      | 56, 62, 64         |
| nonanal                       | květinové, citrusové, pomerančové, po růžích      | 0,001; 0,0025                             | 1                           | 0,0022 až0,0045     |                           |            | 56                 |
| 2-methylbutanal               | mírně karamelové, oříškové, po sladu              |   | n0,01                       |                     |                           |            | 39                 |
| <b>ketony</b>                 |   |   |                             |                     |                           |            |                    |
| 2,3-butandion                 | máslové   |   | n0,01; rn0,01               |                     |                           |            | 64                 |
| 4-methylpentan-2-on           | ovocné, éterické                                  |   |                             | 0,047; 0,0009 až 32 |                           |            | 56, 58             |
| acetofenon                    | pomerančového květu, květinové, sladké            | 0,065 až 0,17                             |                             | 0,23 až 65          |                           |            | 56, 58             |
| acetoin (3-hydroxy-2-butanon) | máslové, dřeva, plísňě, teplé                     | 1   |                             |                     |                           | 50         | 56, 58, 63, 66     |
| butan-2-on                    | acetonové, éterové. po laku                       | 60  | 30                          | 7 až 61; 0,8        |                           | 39; 2      | 58, 63, 65, 68     |
| dekan-2-on                    | ovocné, plísňě                                    | 0,19                                      | 9,3 až 11                   | 0,11                |                           | 0,041      | 58, 63, 65         |
| diacetyl (butan-2,3-dion)     | máslové   | 2,5; 0,0054                               | 0,032 až 0,055; 0,01        | 0,000007až0,005     | 0,014 <sup>a)</sup> ; 0,2 |            | 56, 58             |
| heptan-2-on                   | ovocné, kořeněné, bylinné                         | 0,009; 3; 0,14; 0,65                      | 15; n1,5; rn1,5             | 1,3; 0,7            | 0,7 <sup>a)</sup>         |            | 39, 56, 58, 60     |
| hexan-2-on                    | květinové, ovocné                                 | 0,93                                      |                             | 4,7                 |                           |            | 58, 65             |
| nonan-2-on                    | sladu, ovocné, horkého mléka, květinové           | 0,02; 7,7; 0,2; 0,19                      | 7,7                         | 1,7                 | 7,7 <sup>i)</sup>         | 0,083      | 39, 56, 63, 65     |
| okt-1,5-dien-3-on             | lupenu pelargónie, půdní                          | 0,000001                                  |                             |                     |                           |            | 58, 60             |
| okt-1-en-3-on                 | žampionové  | 0,0001                                    | n0,01; rn0,0003             | 0,0001              |                           |            | 58, 62, 64         |
| oktan-2-on                    | ovocné, květinové, trávnové                       | 0,15 až 1; 0,05                           | 0,12až3,4; 2,5až3,4         | 0,23                |                           | 0,062      | 56, 58, 60, 63     |
| oktan-3-on                    | žampionové, ovocné                                | 0,05; 0,028                               |                             |                     |                           |            | 56, 58, 60         |
| pentan-2-on                   | ovocné, acetonové,sladké, shnilé                  | 2,3                                       | 61                          | 22; 0,5; 1,5        | 0,5 <sup>a)</sup>         |            | 56, 58, 65, 66     |
| propan-2-on                   | acetonové   | 40,9 až 500; 450                          |                             | 1,1 až 770          |                           |            | 58, 65             |
| tridekan-2-on                 | ovocné, po trávě, mírně kořeněné                  | 0,5                                       | 182                         |                     |                           |            | 56, 65             |
| undekan-2-on                  | květinové, zatuchlé, ovocné, po růžích, bylinkách | 0,007; 0,45; 5,4                          | 100; n3,4; rn2,4            |                     |                           |            | 39, 56, 60, 64, 65 |

|                                    |  | Prahová koncentrace (ug·g <sup>-1</sup> ) |                               |        |                     |          |                    |
|------------------------------------|--|---|-------------------------------|--------|---------------------|----------|--------------------|
| Sloučenina                         | Aroma  | voda                                      | olej nebo máslo               | vzduch | sýr                 | neurčeno | reference          |
| estery                             |  |   |                               |        |                     |          |                    |
| 2-fenylethylacetát                 | květinové, po růžích                                     |   | 0,137                         |        | 18,5; 19,8          |          | 56, 58             |
| 2-fenylethylpropanoát              | květinové, ovocné  |   |                               |        | 16,8; 18            |          | 56, 58             |
| 2-methylpropylacetát               | ovocné, jablečné, banánové                               | 0,066                                     |                               |        |                     |          | 67                 |
| 3-methylbutylacetát                | ovocné, banánové   | 0,003                                     |                               |        |                     |          | 39                 |
| butylacetát                        | ananasové, hruškové                                      | 0,066                                     |                               | 0,195  |                     |          | 56, 67             |
| ethyl-2-methylbutanoát             | jablečné   | 0,00015                                   |                               |        |                     |          | 67                 |
| ethyl-3-methylbutanoát             | hovězí Mozzarely   | 0,0002                                    | n0,0001; rn0,0001             |        |                     |          | 39, 66, 67         |
| ethylacetát                        | ananasové, rozpouštědla                                  | 5; 6,6                                    | 22                            | 0,263  | 4,7 <sup>a)</sup>   | 45; 18   | 56, 58, 62, 63, 68 |
| ethylbenzoát                       | květinové  | 0,06                                      |                               |        |                     |          | 39                 |
| ethylbutanoát<br>(ethylvalerinát)? | ananasové, rozpouštědla, banánové,<br>sladké             | 0,00013 až 450; 0,45;<br>0,015; 0,001     | 0,6                           |        | 0,016 <sup>a)</sup> | 0,9      | 56, 58, 63, 67     |
| ethylbutyrát                       | ovocné, sladké   | 0,001; 0,45                               | n0,028; rn0,305               |        |                     |          | 39, 60             |
| ethyldekanoát                      | ovocné, jablečné   |   |                               |        |                     | 1,5      | 63, 66             |
| ethylhexanoát                      | ovocné, jablečné, kyselého ovoce,<br>ananasové, banánové | 0,001                                     | 0,85; n0,04; rn 0,02          |        |                     | 0,21     | 39, 56, 58, 63     |
| ethylpropanoát                     | ananasové, rozpouštědla                                  | 0,0099; 0,01                              |                               |        |                     |          | 58, 67             |
| fenylacetát                        |  |   | n0,137; rn0,212               |        |                     |          | 64                 |
| fenylethylacetát                   | květinové, po růžích                                     |   | n0,137; rn0,212               |        |                     |          | 39                 |
| hexylacetát                        |  |   |                               |        |                     | 3,5      | 63                 |
| isoamylacetát                      | banánové, hruškové                                       | 0,002                                     |                               |        |                     |          | 58                 |
| pentylacetát                       | ovocné   | 0,001                                     |                               |        |                     |          | 39                 |
| laktony                            |  |   |                               |        |                     |          |                    |
| delta-dekalakton                   | broskvové, kokosové, mléčné                              | 0,1 až 0,16                               | 1 až 1,4; 0,4                 |        |                     |          | 56, 58, 65         |
| delta-dodekalakton                 | čerstvého ovoce, broskvové, kokosové                     | 0,1 až 1; 0,1 až 9,8                      | 10; 95                        |        |                     |          | 56, 58, 65, 66     |
| delta-oktalakton                   | kokosové, po víně, ovocné, broskvové                     | 0,57                                      | 0,1 až 3                      |        |                     |          | 58, 65, 66         |
| delta-tetradekalakton              |  | 9,8                                       | 500; 50                       |        |                     |          | 56, 65             |
| gama-decalakton                    | kokosové, broskvové, meruňkové                           | 0,09, 0,088                               | 1; 0,011 až 0,09; n0,4; rn1,6 |        |                     |          | 56, 58, 64, 65     |
| gama-dodekalakton                  | broskvové, máslové, pižmové                              | 0,007                                     | 1                             |        |                     |          | 56, 58             |
| gama-heptalakton                   |  | 0,52                                      | 3,4                           |        |                     |          | 65                 |
| gama-hexalakton                    |  | 13  | 8                             |        |                     |          | 65                 |
| gama-nonalakton                    | kokosové, mandlové, anýzu                                | 0,065                                     | 2,4                           |        |                     |          | 56, 65             |
| gama-oktalakton                    | ovocné, kokosové   | 0,095 až 0,4                              | 3,5                           |        |                     |          | 58, 65             |
| gama-undekalakton                  |  | 0,025                                     | 0,93                          |        |                     |          | 65                 |



|  |                                      | Prahová koncentrace (ug·g <sup>-1</sup> ) |                     |                     |          |                |
|--|--------------------------------------|---|---------------------|---------------------|----------|----------------|
| Sloučenina                               | Aroma                                | voda                                      | olej nebo máslo     | sýr                 | neurčeno | reference      |
| sirné sloučeniny                         |                                      |   |                     |                     |          |                |
| 2,3,4-trithiopentan                      | zralého sýru                         |   |                     | 0,1 <sup>a)</sup>   |          | 58             |
| 2,3-dithiopentan                         | česneku                              |   |                     | 6 <sup>a)</sup>     |          | 58             |
| 2,4-dithiopentan                         | česneku                              |   |                     | 60 <sup>a)</sup>    |          | 58             |
| 2-merkaptopentan-3-on                    |                                      | 0,001                                     |                     |                     |          | 62             |
| 3-merkaptobutan-2-on                     |                                      | 0,003                                     |                     |                     |          | 62             |
| 3-merkaptopentan-2-on                    |                                      | 0,001                                     |                     |                     |          | 62             |
| benzothiazol                             | chinolinu, kaučuku                   | 0,00008                                   |                     |                     |          | 56             |
| dimethyldisulfid                         | květáku, česneku, velmi zralého sýra | 0,12                                      |                     |                     | 0,01     | 58, 60, 62     |
| dimethylsulfid                           | po síře, granátovém jablku           | 0,001                                     | n0,0012; rn 0,0023  | 0,019 <sup>a)</sup> |          | 39, 56, 62, 64 |
| dimethyltrisulfid                        | po česneku, kapustě, síře            | 0,00001                                   | n0,0025; rn0,0042   |                     |          | 39, 60, 62     |
| methanethiol                             | po síře, vařeném zelí                | 0,00002                                   | n0,00006; rn0,00034 |                     |          | 39, 58, 62, 64 |
| methional (3-methylthiopropenal)         | vařených brambor                     |   | n0,0002; rn0,00005  |                     |          | 39, 62, 64     |
| methylsulfid                             | po síře, česneku                     |   | n0,03; rn0,042      |                     |          | 39, 64         |
| methylthiopropanoát                      | sýrové, žluklé, po potu, vosku       |   |                     | 0,1 <sup>a)</sup>   |          | 56             |
| dusíkaté heterocyklické sloučeniny       |                                      |   |                     |                     |          |                |
| 2,3-diethyl-5-methylpyrazin              | zemité                               |   | n0,0005             |                     |          | 39             |
| 2-acetyl-1-pyrrolin                      | pražené                              |   | n0,0001             |                     |          | 39, 62, 64     |
| 2-ethyl-3,5-dimethylpyrazin              | zemité                               |   | n0,0022             |                     | 0,0001   | 39, 62         |
| 2-sec.-butyl-3-methoxypyrazin            |                                      |   | n0,0005; rn0,0003   |                     |          | 39             |
| kyslíkaté heterocyklické sloučeniny      |                                      |   |                     |                     |          |                |
| 4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanon     | sladké, karamelové, jahodové         |   | n0,025; rn0,004     |                     | 0,01     | 39, 62         |
| 5-ethyl-4-hydroxy-2-methyl-3(2H)-furanon | karamelové                           |   | n0,006; rn0,0015    |                     |          | 39             |

**n** nasáleně ve slunečnicovém oleji; **rn** retronasáleně ve slunečnicovém oleji; **a)** mléko; **b)** potassium hydrogen ftalátový pufr pH 4,8; **c)** citráto fosfátový pufr pH 3,2; **d)** citráto fosfátový pufr pH 4,5; **e)** citráto fosfátový pufr pH 6; **f)** roztok kyseliny citrónové pH 2; **g)** roztok kyseliny citrónové pH 5,2; **h)** mladý sýr; **i)** zralý sýr

*Příloha 8.2: Fotografie tavených sýrových analogů*

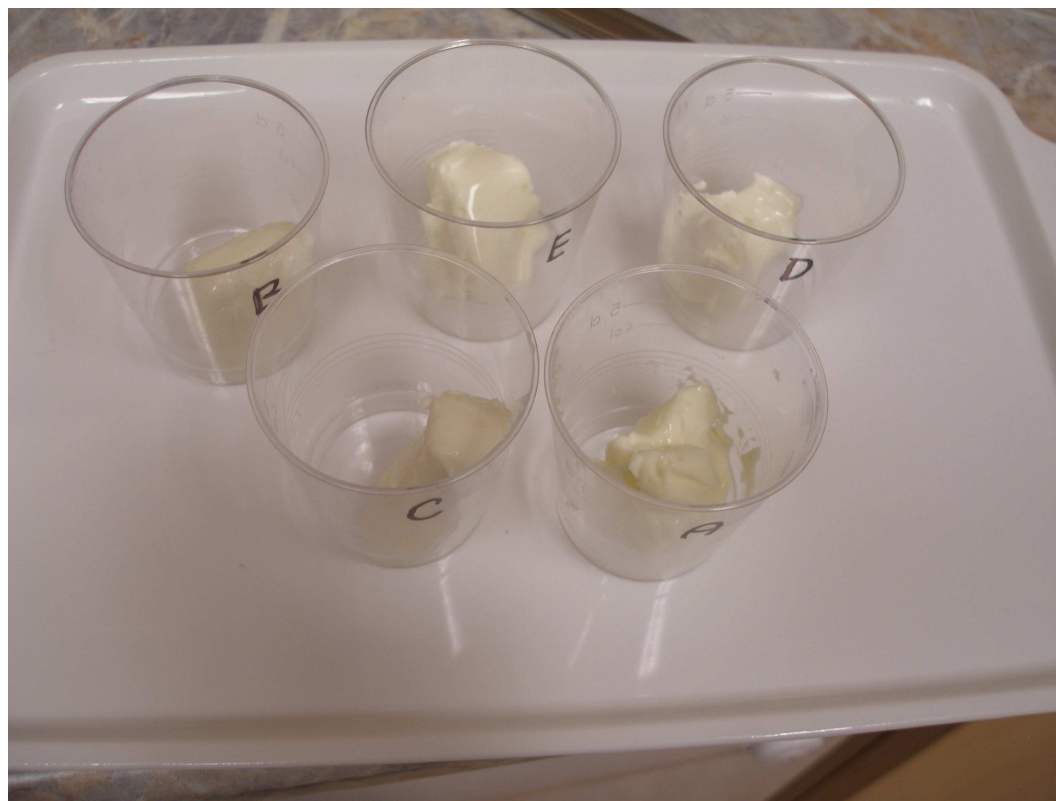
---



*vzorky tavených sýrových analogů*



*horní řada z leva: kokosový tuk, palmový tuk, koncentrovaný mléčný tuk  
spodní řada z leva: slunečnicový olej, máslo*



### Protokol pro senzorické hodnocení tavených sýrových analogů

Jméno:

Datum:

Podpis:

Příjmení:

Hodina:

Jaké je Vaše stanovisko před ochutnáváním?

Tavené sýry mám:

- 1) velmi rád
- 2) rád
- 3) indiferent
- 4) spíše nerad
- 5) nekonzumuji

Tavené sýry konzumuji:

- 1) každý den
- 2)  $\geq 3$ x týdně
- 3) 1x týdně
- 4) 1x za měsíc
- 5) zřídka

#### Senzorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň)

| Tavený<br>sýrový<br>analog | Znak              |      |             |                |                          |                      |
|----------------------------|-------------------|------|-------------|----------------|--------------------------|----------------------|
|                            | Vzhled a<br>barva | Lesk | Konzistence | Chuť a<br>vůně | Cizí, nečistá<br>příchuť | Celkové<br>hodnocení |
| A                          |                   |      |             |                |                          |                      |
| B                          |                   |      |             |                |                          |                      |
| C                          |                   |      |             |                |                          |                      |
| D                          |                   |      |             |                |                          |                      |
| E                          |                   |      |             |                |                          |                      |

Stupnice k senzorickému hodnocení

#### Vzhled a barva

1. **Vynikající** – barva smetanová až sýrově žlutá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, čistý, hladký, lesklý.
2. **Výborná** - nepatrná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osycháním sýru, oxidačními změnami vyloučeny. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, čistý, hladký, lesklý.
3. **Velmi dobrá** – mírná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, homogenní. Změny barvy způsobené osycháním sýru, oxidačními změnami jen nepatrné. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, sýr čistý, hladký, lesklý.
4. **Dobrá** - barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s vyloučením mramorování barvy. Tvar mírně deformovaný, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je nepatrně matný, stále však hladký.

5. **Méně dobrá** – barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s nepatrnými náznaky mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené deformací tvaru, drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je mírně matný, mírné odchylky v hladkosti.
6. **Nevyhovující** - barva mírně nehomogenní (mramorovitá), povrch sýra matný bez lesku, mírné oxidativní změny na povrchu.
7. **Nepřijatelný** - barva na povrchu i v těstě nehomogenní, silné oxidativní změny na povrchu, výskyt plísňe, značná deformace povrchu, vzhled narušen dužením sýra, vytavený, oddělený tuk.

#### *Lesk sýra*

1. **Vynikající vysoký lesk** – sýr s vynikajícím leskem
2. **Výborný lesk**
3. **Velmi dobrý lesk**
4. **Dobrý lesk**
5. **Méně dobrý lesk**
6. **Nevyhovující lesk**
7. **Naprosto nevyhovující lesk** - naprosto matný lesk

#### *Konzistence*

1. **Vynikající** – jemná, hladká, lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin, homogenní, bez výskytu neutavených surovin.
2. **Výborná** – konzistence výborně roztíratelná, jemná, nelepivá.
3. **Velmi dobrá** – roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí.
4. **Dobrá** – roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá, ojedinělý výskyt dutinek
5. **Méně dobrá** – roztíratelnost horší, tužší nebo měkčí, lepivá, slabě písčitá, ojedinělé částčky neutavených surovin.
6. **Nevyhovující** – špatně roztíratelná, tuhá, řídká, nehomogenní.
7. **Nepřijatelná** – velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, roztékavá, nehomogenní s hrubými kousky neutavených surovin, zduřelá, písčitá.

#### *Chuť a vůně*

1. **Vynikající** – chuť čistá, jemně mléčná až máslová, smetanová, jemně sýrově nasládlá, výrazná. Vůně čistá, velmi harmonická, cizí příchutě jsou vyloučeny.
2. **Výborná** – nepatrné odchylky od vynikající chuti a vůně, chuť a vůně harmonická, sýrová nebo máslová, smetanová, typická cizí příchutě jsou vyloučeny.
3. **Velmi dobrá** – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, přesto harmonická, přirozeně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny, méně výrazná.
4. **Dobrá** – chuť a vůně typická pro smetanový tavený sýr s odchylkami ne zásadního charakteru, avšak charakteristická a čistá, nevýrazná.
5. **Méně dobrá** – výskyt cizích příchutí ve velmi malé intenzitě, méně harmonická, nahořklá nebo slanější, příchut' po tavicích solích, kyselejší, nečistá, kvasničná.
6. **Nevyhovující** – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, slanější, příchut' po tavicích solích, slabě oxidovaná.
7. **Nepřijatelná** – nečistá, silně oxidovaná, žluklá, slaná, hořká, zatuchlá, ostře kyselá.

### ***Cizí, nečistá příchut' nebo pachut'***

1. **Chut' čistá bez náznaku pachuti či cizí, nečisté příchuti**
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
7. **velmi silná pachut', naprosto nepřijatelná**

Při zvolení stupně 2, 3, 4, 5 a 6 se pokuste vyjádřit, o jakou pachut' jde.

### ***Celkové hodnocení***

1. **Vynikající** – chuť a vůně musí mít hodnocení vynikající, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než výborný.
2. **Výborný** – chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než výborný, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než velmi dobrý.
3. **Velmi dobrý** – chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než velmi dobrý, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než dobrý.
4. **Dobrý** – chuť a vůně musí mít hodnocení ne horší než dobrý, ve všech ostatních relevantních ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
5. **Méně dobrý** – tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než méně dobrý.
6. **Nevyhovující** – tavený sýr hodnocený ve všech ukazatelích ne hůře než nevyhovující.
7. **Nepřijatelný** – tavený sýr, který je u jakéhokoli ukazatele hodnocen jako naprosto nevyhovující.

### **Pořadový preferenční test**

Seřaďte následující vzorky podle Vašich preferencí (1 – vzorek nejlepší, nejpřijatelnější, 5 – vzorek nejhorší, nepřijatelný, dva a více vzorků nesmí mít stejné pořadí)

| Znak       | Tavený sýrový analog |   |   |   |   |
|------------|----------------------|---|---|---|---|
|            | A                    | B | C | D | E |
| Preference |                      |   |   |   |   |

### **Utvořte intenzitní profil chuti**

Použijte stupnici

- 1 – neznatelná
- 2 – velmi slabá
- 3 – slabá
- 4 – střední
- 5 – silnější
- 6 – dosti silná
- 7 – velmi silná

Označení vzorku

|                                |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| žluklá                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| olejovitá                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| příjemná cizí pachut' (jaká)   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nepříjemná cizí pachut' (jaká) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| jiná (napište jaká)            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Označení vzorku

|                                |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| žluklá                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| olejovitá                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| příjemná cizí pachut' (jaká)   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nepříjemná cizí pachut' (jaká) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| jiná (napište jaká)            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Označení vzorku

|                                |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| žluklá                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| olejovitá                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| příjemná cizí pachut' (jaká)   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nepříjemná cizí pachut' (jaká) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| jiná (napište jaká)            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Označení vzorku

|                                |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| žluklá                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| olejovitá                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| příjemná cizí pachut' (jaká)   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nepříjemná cizí pachut' (jaká) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| jiná (napište jaká)            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Označení vzorku

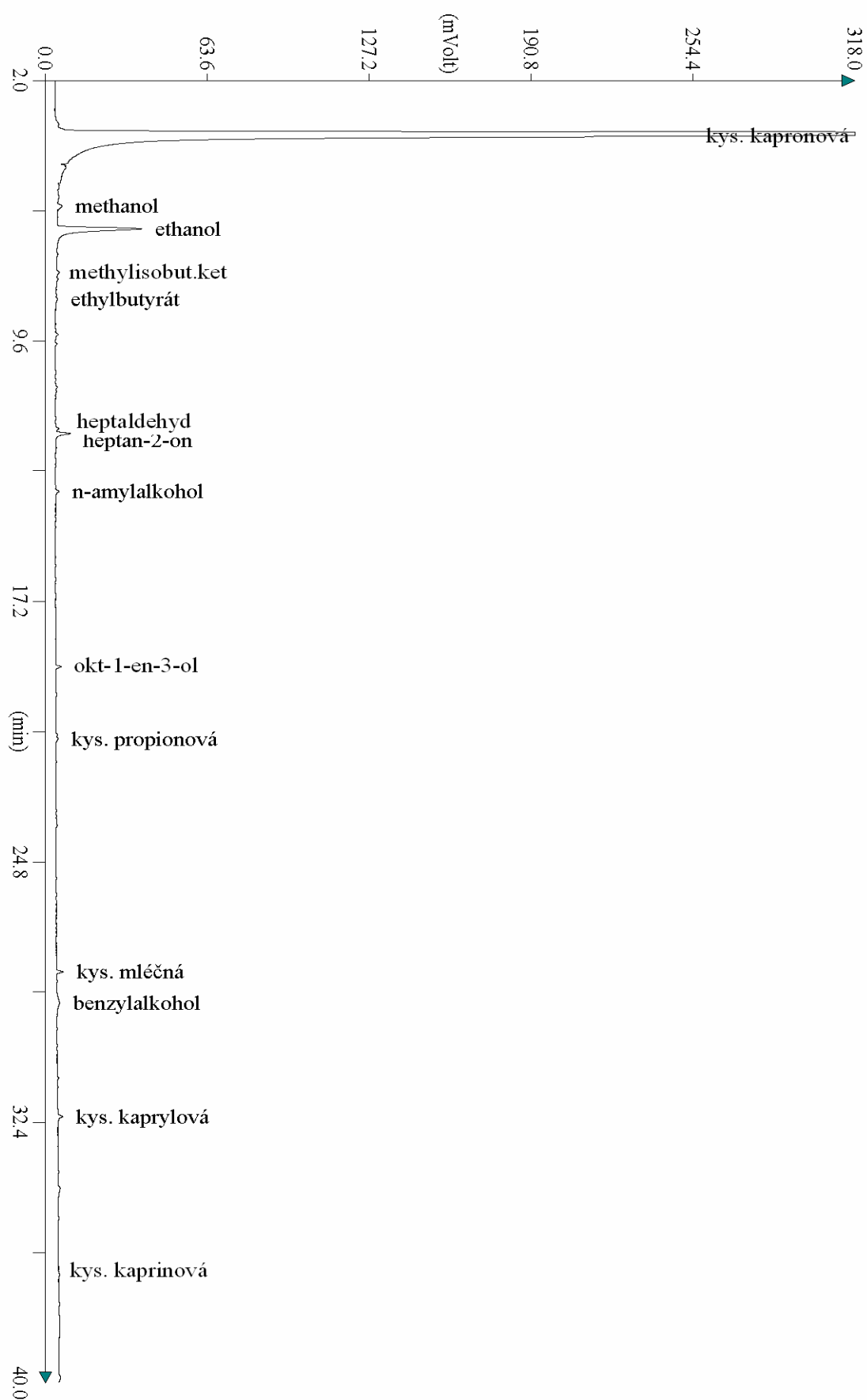
|                                |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| žluklá                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| olejovitá                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| příjemná cizí pachut' (jaká)   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| nepříjemná cizí pachut' (jaká) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| jiná (napište jaká)            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

### Poznámky

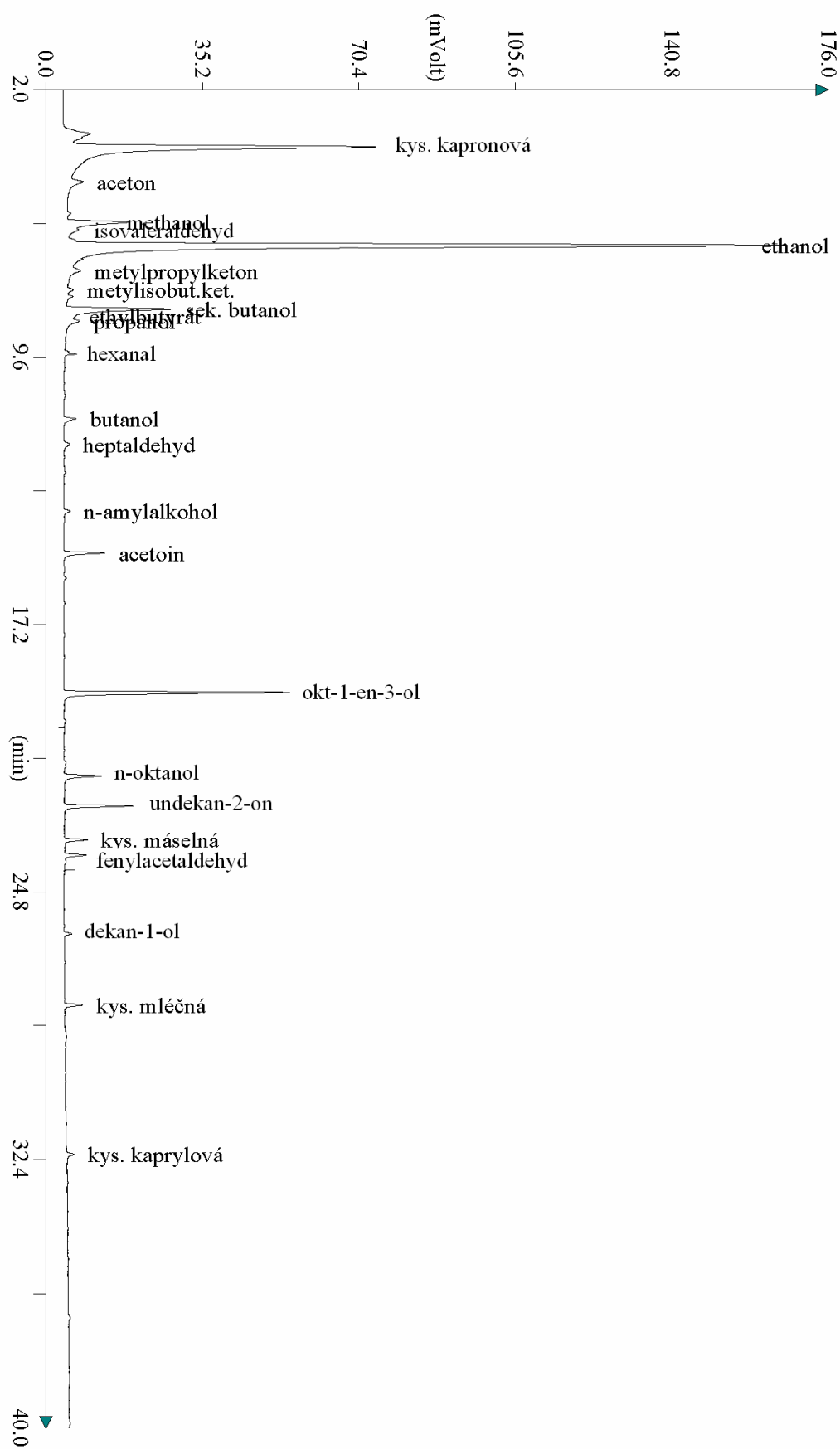
| Tavený sýrový<br>analog | poznámky |
|-------------------------|----------|
| A                       |          |
| B                       |          |
| C                       |          |
| D                       |          |
| E                       |          |



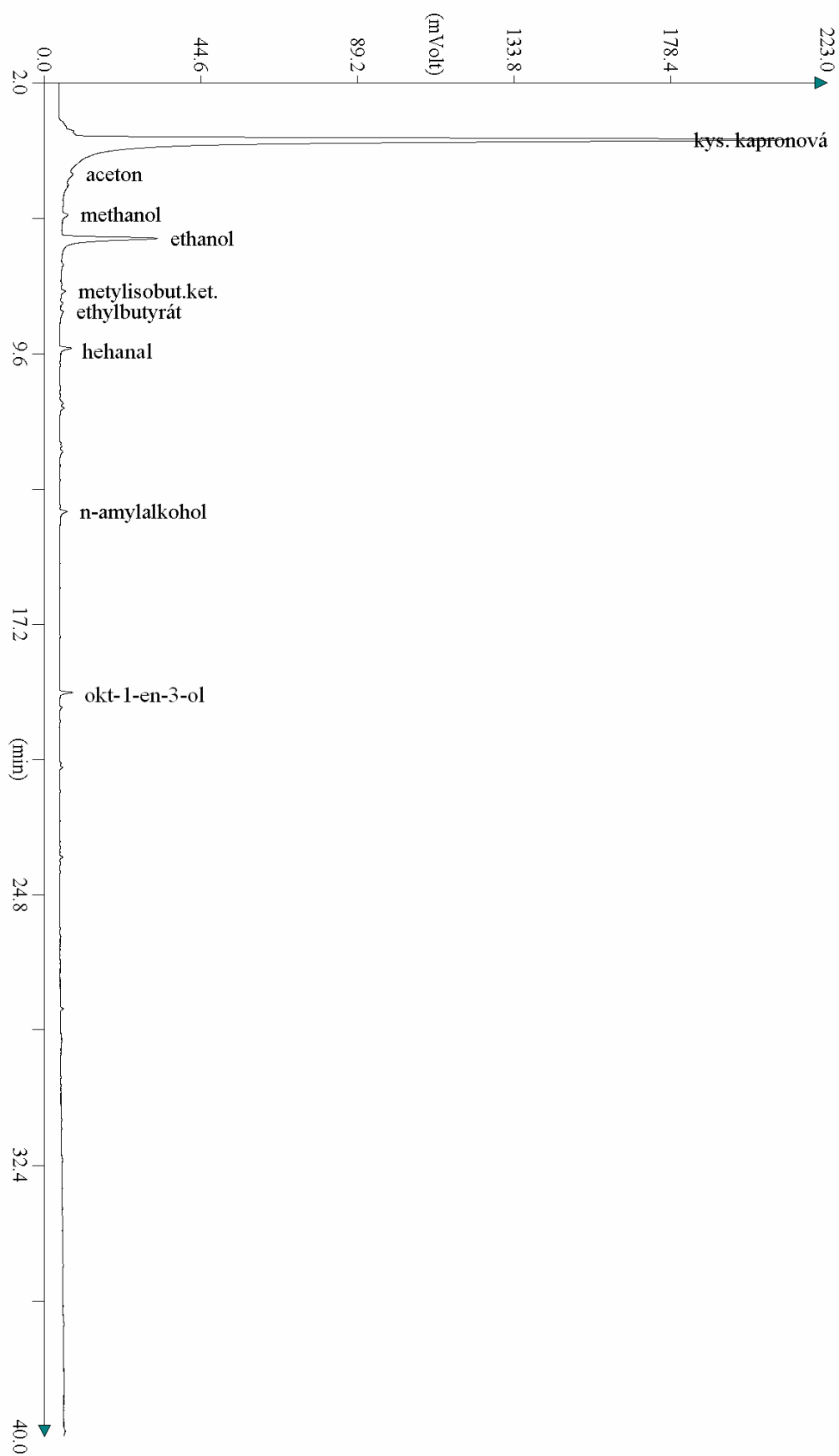
Příloha 8.5: ukázka chromatogramu AL, 100% kokosový tuk



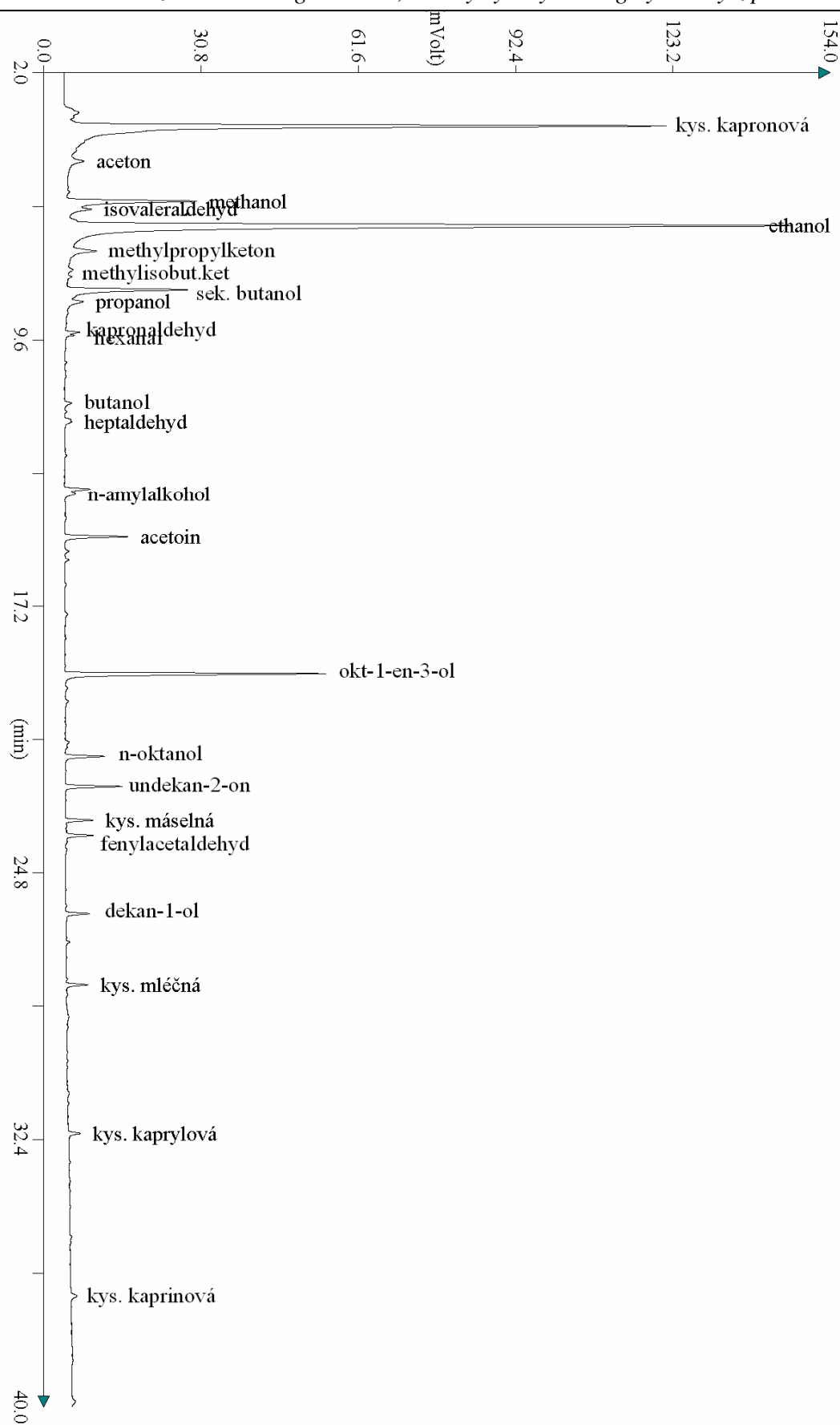
Příloha 8.6: ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z kokosového tuku



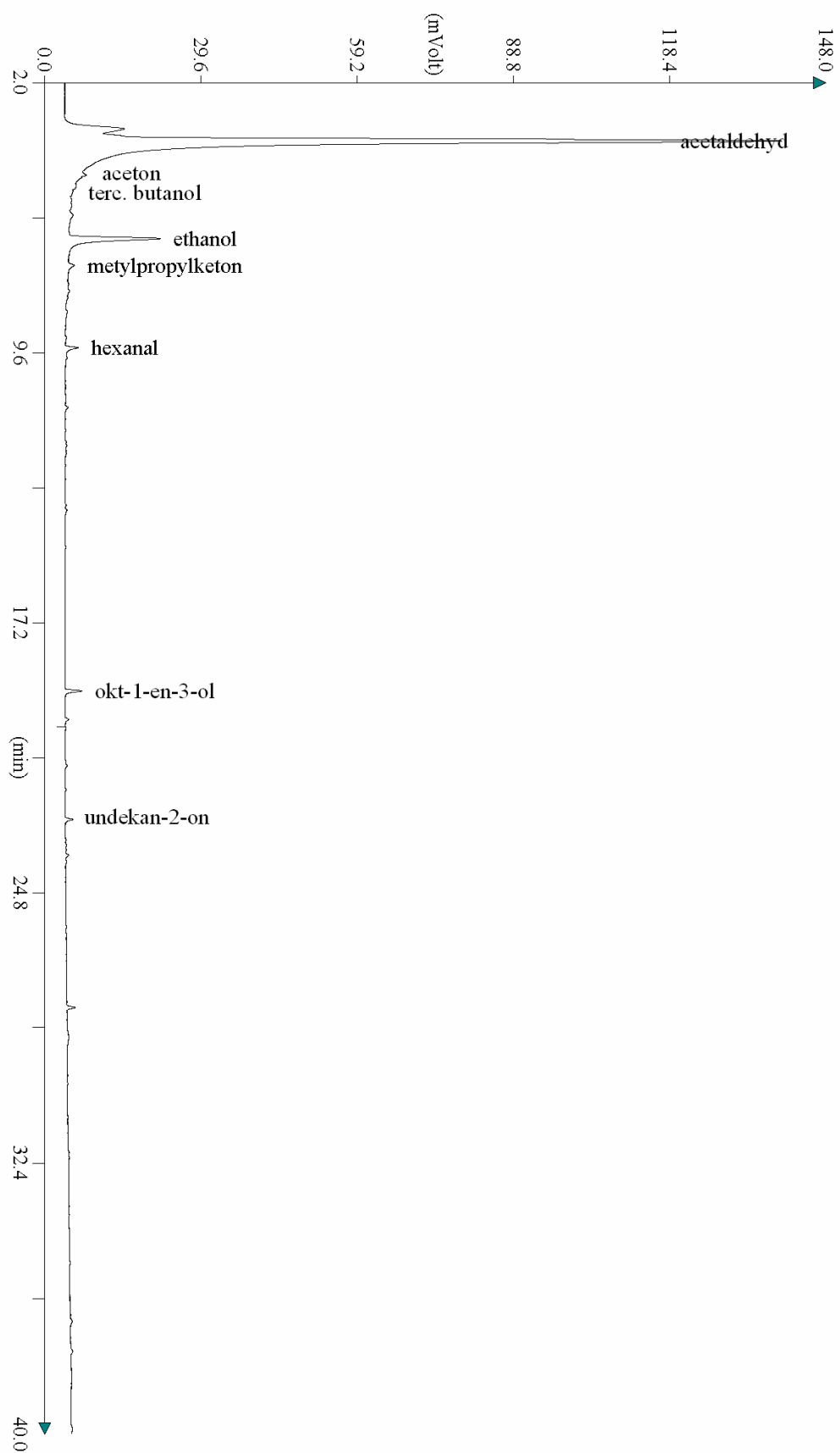
Příloha 8.7: ukázka chromatogramu AL, 100% palmový tuk



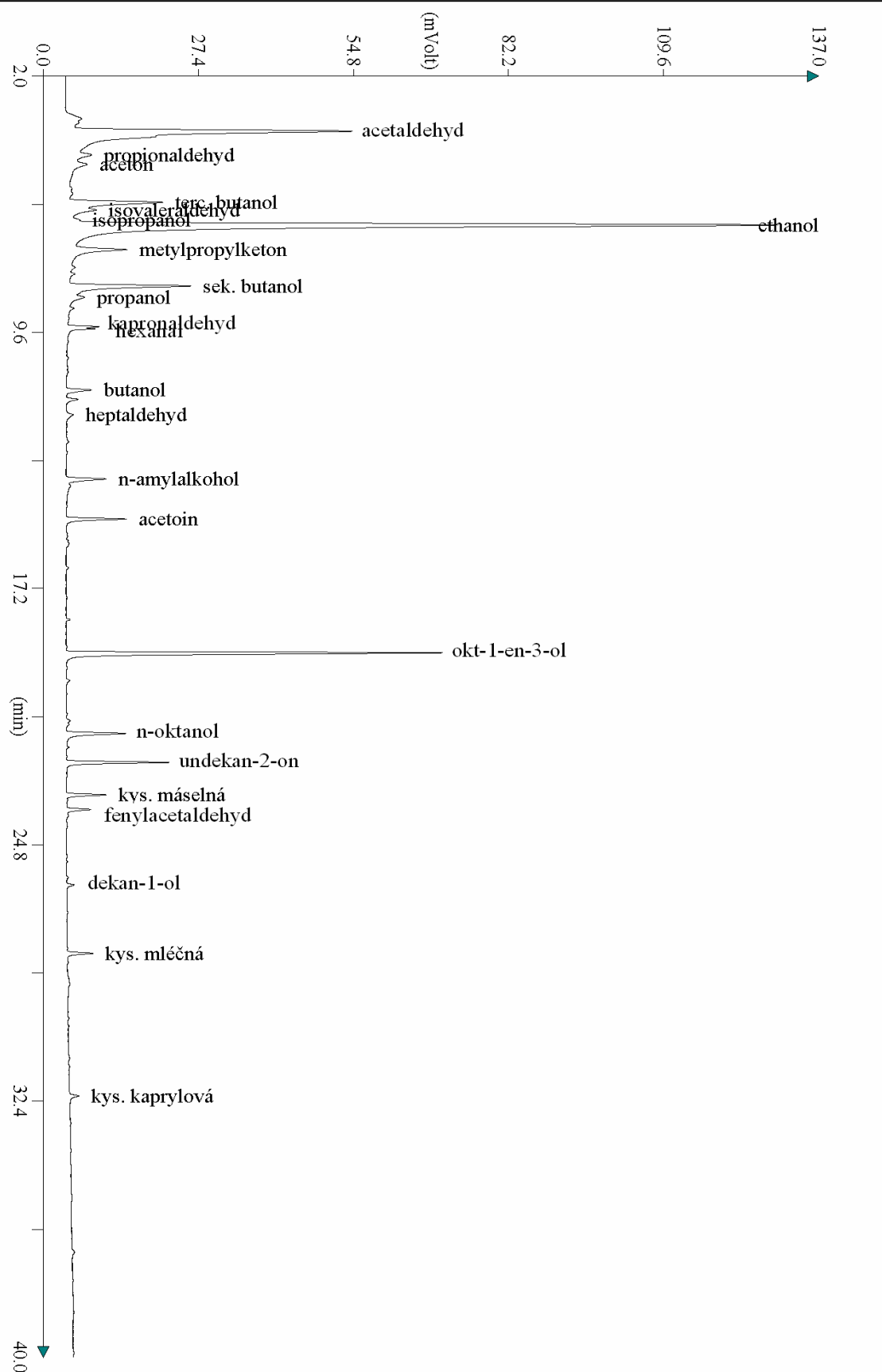
Příloha 8.8: ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z palmového tuku



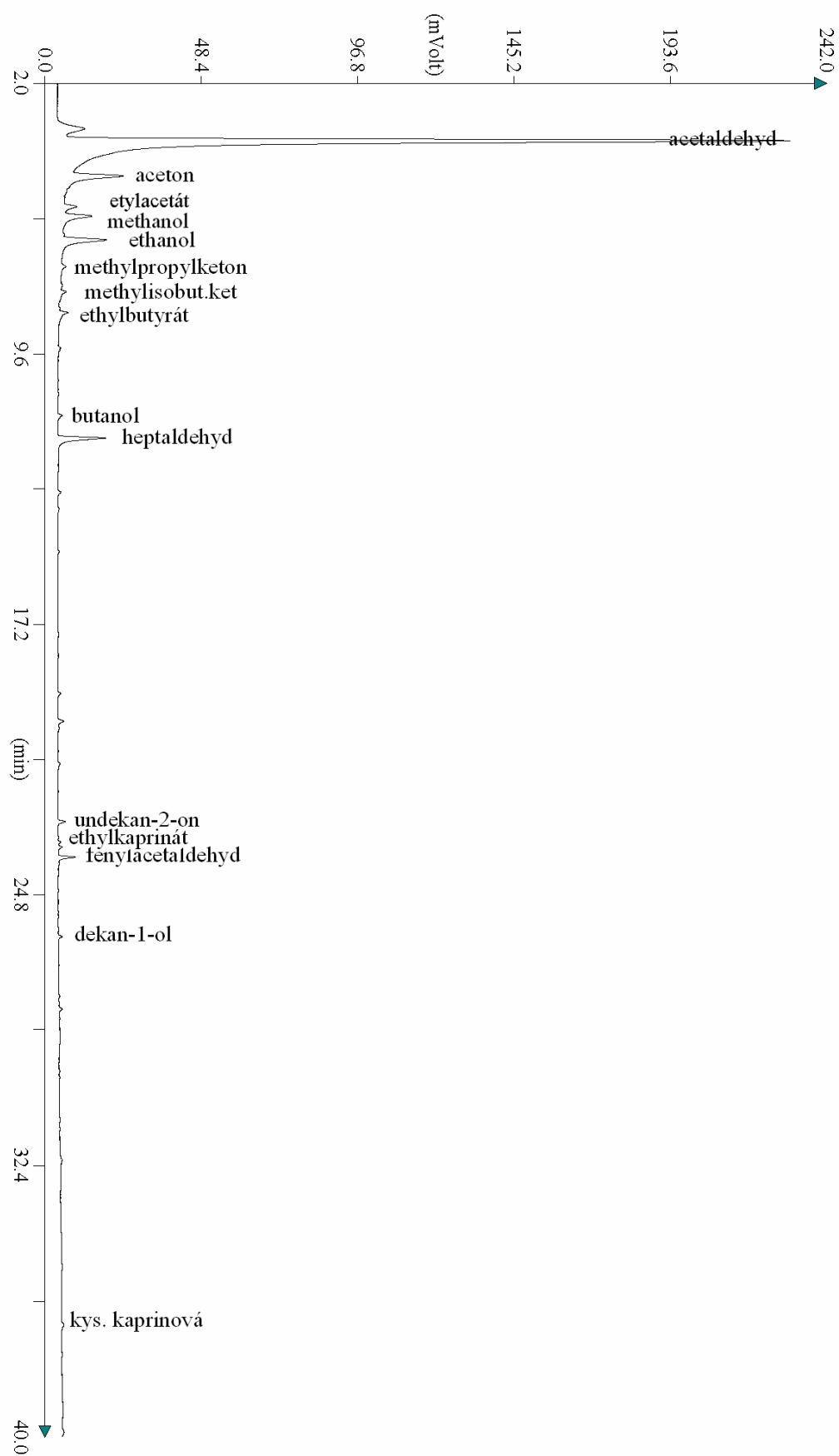
Příloha 8.9: ukázka chromatogramu AL, slunečnicový olej



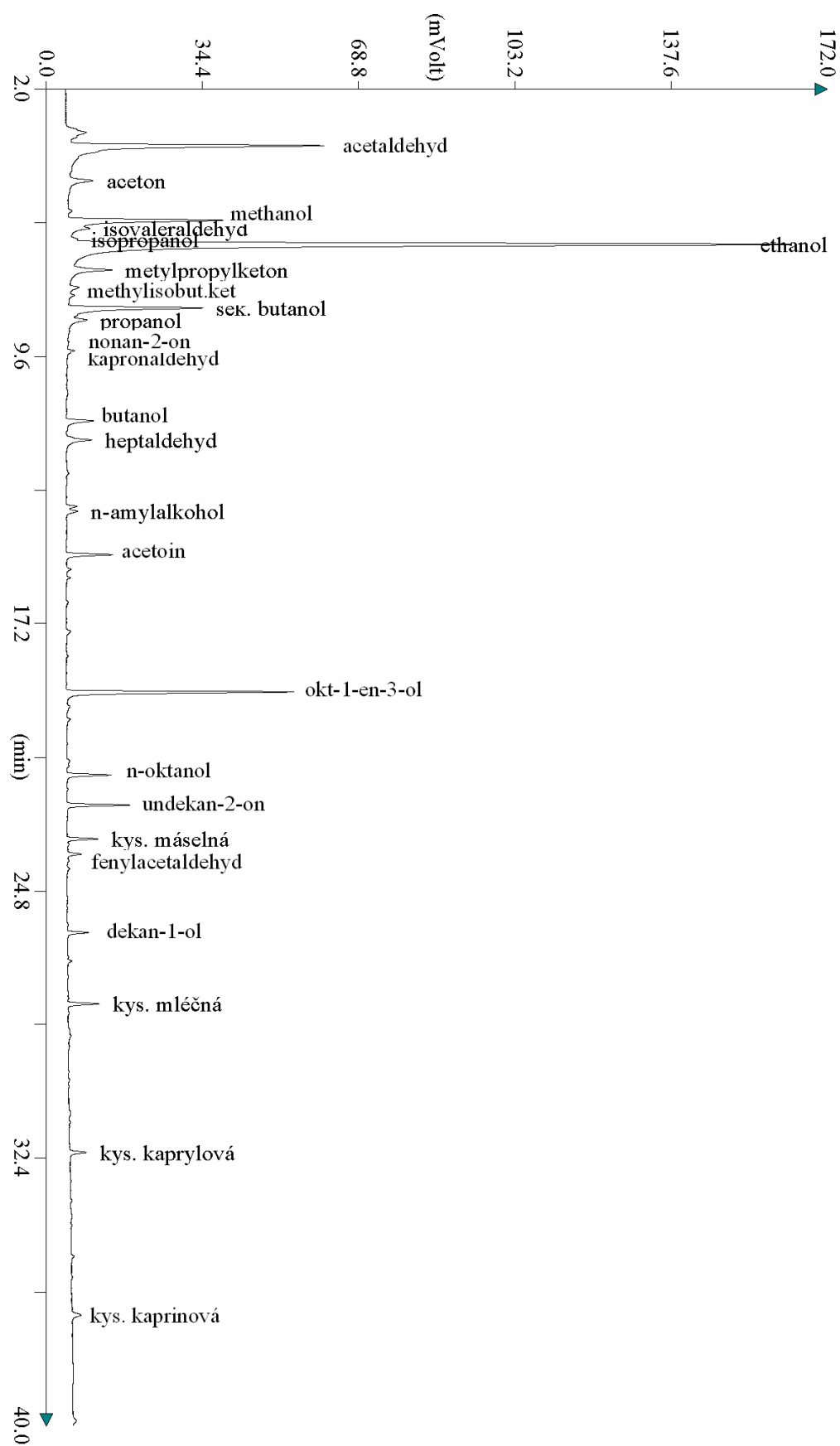
Příloha 8.10: ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený ze slunečnicového oleje



Příloha 8.11: ukázka chromatogramu AL, máslo

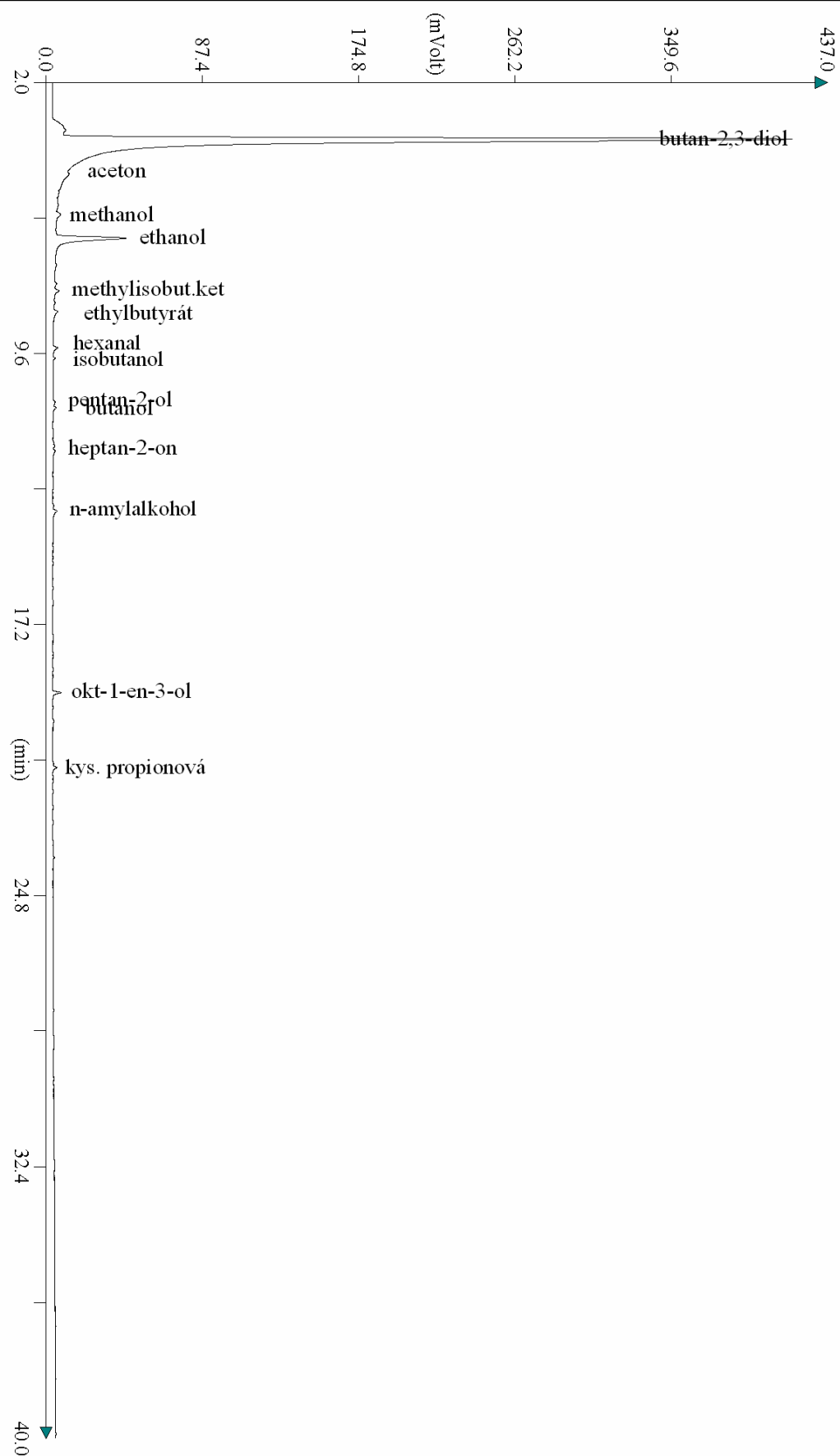


Příloha 8.12: ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z másla





Příloha 8.13: ukázka chromatogramu AL, koncentrovaný mléčný tuk



Příloha 8.14: ukázka chromatogramu AL, tavený sýrový analog vyrobený z koncentrovaného mléčného tuku

